


**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет
Кафедра виробництва приладів**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

 Віктор АНТОНЮК
«__» _____ 2020 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології
виробництва приладів»**

спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

**на тему: «Гнучка виробнича ділянка виготовлення кришки пневматичного
механізму»**

Виконав:

Студент IV курсу, групи ПБ-61
Лупина Ігор Борисович



Керівник:

Доцент, к.т.н. доцент
Подольян Олександр Олександрович



Рецензент:

Асистент, к. т. н
Котляр Світлана Сергіївна



Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент  _____

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП.ПБ6108.1702.000 ПЗ	Пояснювальна записка	75	
3	A3	ДП.ПБ6108.1702.001	Кришка пневматичного механізму	1	
4	A3	ДП.ПБ6108.1702.002	Заготовка	1	
5	A1	ДП.ПБ6108.1702.003	Схема технологічного маршруту обробки	1	
6	A1	ДП.ПБ6108.1702.004	Схема ділянки фрезерної обробки	1	
7	A1	ДП.ПБ6108.1702.005	Схема ділянки виробництва кришки пневматичного механізму	1	
8	A1	ДП.ПБ6108.1702.006	Взаємодія елементів АСУ ТПВ	1	
9	A1	ДП.ПБ6108.1702.007	Алгоритм роботи АСУ ТПВ	1	

				ДП.ПБ6108.1702.000		
	ПБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.					1	1
Керівн.					КП ім. Ігоря Сікорського Каф. ПБФ Гр. ПБ-61	
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.						

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Гнучка виробнича діляниця виготовлення кришки
пневматичного механізму»**

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Приладобудівний факультет

Кафедра виробництва приладів


Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Віктор АНТОНЮК
« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Лупині Ігорю Борисовичу

1. Тема проєкту «Гнучка виробнича діляниця виготовлення кришки пневматичного механізму», керівник проєкту Подолян Олександр Олександрович, доцент, к.т.н. доцент, затверджені наказом по університету від «25» травня 2020 р. № 1180-с

2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2020

3. Вихідні дані до проєкту: опис деталі виробництва, об'єм номенклатури та програма випуску.

4. Зміст пояснювальної записки:

1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ. 1.1. Системи автоматизованого проектування (САПР) та системи моделювання функціонування процесів і систем виробництва. 1.2. Аналіз номенклатури оброблюваних деталей. 1.3. Розробка технологічних процесів на типові деталі. 1.4. Вибір параметрів обладнання та інструменту для виготовлення. 1.5. Визначення міжопераційних припусків і допусків заготовки. 1.6. Технічне нормування. 1.7. Створення програм обробки та керуючих програм для верстатів з ЧПК. Висновок до технологічного розділу. 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ. 2.1. Визначення сумарної верстатоемності виробничої програми та

розрахунок числа верстатів комплексу ГВС. 2.2. Розрахунок і побудова автоматичної системи інструментального забезпечення (АСІЗ). 2.3. Розрахунок і комплектування автоматичної транспортно-складської системи (АТСС). 2.4. Розрахунок числа позицій контролю. 2.5. Проектування плану розміщення обладнання на ділянці. 2.6. Створення моделі виробництва. 2.7. Системи автоматизованого управління виробництвом (АСУ В). 2.8. Аналіз спроектованої ділянки та її конкурентоздатності. Висновок до конструкторського розділу. ВИСНОВКИ

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): кресленик кришки пневматичного механізму, кресленик заготовки, схема технологічного маршруту обробки, схема ділянки фрезерної обробки, схема дільниці виробництва кришки пневматичного механізму, схема взаємодії елементів АСУ ТПВ, алгоритм роботи АСУ ТПВ.

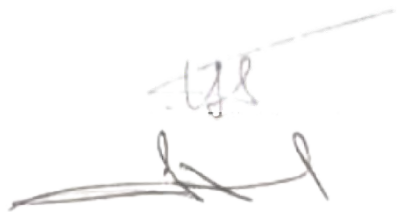
7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Огляд та аналіз наукових досліджень та практичних напрацювань за темою дипломного проекту.	24 квітня 2020р.	
2.	Створення моделі та кресленика типової деталі. Проектування технологічного процесу виготовлення кришки типової деталі.	1 травня 2020 р.	
3.	Розрахунок параметрів гнучкої виробничої системи.	8 травня 2020 р.	
4.	Створення схеми ділянки гнучкої виробничої системи.	15 травня 2020 р.	
5.	Моделювання процесів функціонування гнучкої виробничої системи.	22 травня 2020 р.	
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу.	29 травня 2020 р.	
7.	Подача дипломного проекту до перед захисту.	5 травня 2020 р.	

Студент

Керівник



Ігор ЛУПИНА

Олександр ПОДОЛЯН

Анотація

У дипломному проекті розглядається процес проектування гнучкої виробничої ділянки механічної обробки для виготовлення кришки пневматичного механізму за допомогою сучасних систем автоматизованого проектування та засобів моделювання процесів і систем за умови спрощеного розрахунку параметрів у рамках технічної пропозиції.

Пропонується модель гнучкої виробничої ділянки виготовлення кришок пневматичних механізмів, шириною номенклатури в 7 виробів, загальною партією 10 000 шт. в місяць із можливістю масштабування.

У технологічному розділі наводиться приклад розрахунку параметрів технологічного процесу механічної обробки кришки пневматичного механізму, розрахунку заготовки, норм часу та створення керуючих програм для механічної обробки.

У конструкторському розділі наводиться приклад розрахунку параметрів гнучкої виробничої системи, таких як: кількість верстатів, кількість транспортних засобів, кількість працівників та необхідні площі. Також створюється модель ділянки та виробничих потоків, за допомогою яких проводяться моделювання технологічних процесів. Також розглянуто можливості сучасних систем автоматичного управління виробничими процесами, а також вимоги до них.

Annotation

The diploma project considers the process of designing a flexible manufacturing site of machining the cover of pneumatic mechanism using modern computer-aided design and modeling tools for processes and systems taking into account the simplified calculation of parameters within the framework of a technical proposal.

The model of a flexible production site for the cover of pneumatic mechanism, width of the nomenclature in 7 products, the general party of 10 000 pieces with a possibility of scaling is offered.

The technological section provides an example of calculating the parameters of the technological process of machining the cover of the pneumatic mechanism, the calculation of the workpiece, time norms and the creation of control programs for machining.

The design section provides an example of calculating the parameters of a flexible production system, such as: the number of machines, the number of vehicles, the number of employees and the required area. A model of the site and production flows is also created, with the help of which modeling of technological processes is carried out. The possibilities of modern systems of automatic control of production processes, as well as the requirements for them are also considered.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
1.1. Системи автоматизованого проектування (САПР) та системи моделювання функціонування процесів і систем виробництва	15
1.2. Аналіз номенклатури оброблюваних деталей.....	17
1.3. Розробка технологічних процесів на типові деталі	19
1.3.1. Вибір заготовки та способу її отримання.....	20
1.3.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі.....	22
1.4. Вибір параметрів обладнання та інструменту для виготовлення	24
1.5. Визначення міжопераційних припусків і допусків заготовки	25
1.6. Технічне нормування.....	26
1.7. Створення програм обробки та керуючих програм для верстатів з ЧПК.....	30
Висновок до технологічного розділу	33
2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	34
2.1. Визначення сумарної верстатоемності виробничої програми та розрахунок числа верстатів комплексу ГВС	35
2.2. Розрахунок і побудова автоматичної системи інструментального забезпечення (АСІЗ).....	37
2.2.1. Розрахунок розміру оборотного фонду інструментів.....	38
2.2.2. Проектування секції складання і налаштування інструменту	40
2.2.3. Проектування секції обслуговування інструментів робочих місць (ІРК).....	41

2.3. Розрахунок і комплектування автоматичної транспортно-складської системи (АТСС)	45
2.3.1. Розрахунок основних параметрів складської системи	46
2.3.2. Розрахунок параметрів і вибір типу складу	48
2.3.3. Розрахунок кількості транспортних пристроїв і їх завантаження	51
2.4. Розрахунок числа позицій контролю	52
2.5. Проектування плану розміщення обладнання на ділянці	54
2.6. Створення моделі виробництва	57
2.7. Системи автоматизованого управління виробництвом (АСУ В).....	62
2.8. Аналіз спроектованої ділянки та її конкурентоздатності	68
Висновок до конструкторського розділу	69
ВИСНОВКИ	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72
Додаток А	76
Додаток Б.....	78
Додаток В.....	81
Додаток Г	83
Додаток Д.....	85

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

CAD (Computer-aided design) – Система автоматизованого проектування і розрахунку.

CAM (Computer-aided manufacturing) – Автоматизована система технологічної підготовки виробництва.

АЛ – Автоматизована лінія.

АСУ – Автоматична система управління.

ГВС – Гнучка виробнича система.

ЕОМ – Електронно-обчислювальна машина.

ПЛК – Програмований логічний контролер.

РТК – Роботизований технічний комплекс.

САПР – Система автоматизованого проектування.

ТП – Технологічний процес.

ЧПК – Числове програмне керування.

ВСТУП

Постійно зростаючі вимоги до виробів тягнуть за собою їх ускладнення, збільшення трудомісткості і часту змінюваність. Випуск виробів носить дрібносерійний і одиничний характер. Тенденція дрібносерійного характеру виробництва міцно зайняла своє місце - 70...85% виробів обробляються в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва [1].

Висока динаміка оновлення вимагає автоматизації дрібносерійного механообробного виробництва. Однак формальне перенесення досвіду роботи автоматизованих і автоматичних поточкових ліній для виготовлення деталей в масовому виробництві на складні, багато-виробничі процеси дрібносерійного виробництва без урахування його специфіки не дає істотного ефекту [1].

Аналіз тенденції автоматизації виробництва показує, що основним напрямком є застосування верстатів з ЧПК, завантажувальних, транспортних і складських роботів, керованих від ЕОМ, тобто створення гнучких виробничих систем (ГВС) механічної обробки.

Зважаючи на нестійку широку номенклатуру та непостійну програму випуску, необхідною формою виробництва для виконання умов поставленої задачі є ГВС.

ГВС, згідно з термінологією ДСТУ 2226-93, являє виробничу одиницю або сукупність технологічного устаткування, що має властивості автоматизованого її переналагодження під час виготовлення виробів довільної номенклатури в установлених межах значень їхніх характеристик [2].

В сучасних реаліях суспільства споживання, швидке переналагодження виробництва, його планування та контроль є одними з основних показників конкурентоздатності. Деталі що отримують за допомогою механічної обробки виробляють дрібними партіями, з широкою загальною номенклатурою.

Сучасні САПР дають можливість швидко проектувати, змінювати, розраховувати, створювати 3D-моделі, аналізувати реакцію на навантаження не тільки виробів, а й цілих систем виробництв. А за допомогою введення АСУ ТП можна легко налаштовувати, контролювати та планувати процеси виробництва.

Створення структурних, функціональних, алгоритмічних, параметричних та компоновальних моделей дозволяє автоматизувати процес проектування виробництва та скоротити строки його розробки.

На початкових етапах проектування важко точно визначити тип виробництва через нестачу знань про кількість верстатів на ділянці, прийнятої форми організації. Проте орієнтовно тип виробництва можна визначити, використовуючи нормативні документи та рекомендації.

Часто для в бізнесі для прийняття рішення про початок побудови або зміни виробництва необхідно провести попередні розрахунки та врахувати економічний ефект, для чого необхідно провести проектування змін відносно існуючого проекту. САПР значно спрощує цю задачу, особливо в умовах постійних змін виробничих процесів, номенклатури та об'ємів виробництва.

Відповідно до стандарту, на стадії розробки конструкторської документації «Технічна пропозиція» технологічна документація не розробляється [10]. Це дозволяє швидко пройти всі етапи проектування та виконати попередні розрахунки для побудови та економічної обґрунтованості створення проєктованого виробництва.

В даному дипломному проєкті розглядається проектування, виконуються розрахунки та моделювання процесів функціонування для отримання проєкту ГВС виробництва кришки пневматичного механізму. Оскільки ГВС є швидко переналагоджувальною системою, за допомогою неї можна отримувати більшість деталей зі схожими конструктивними елементами в межах визначених розмірів.

Проєкт ділянки ГВС отриманий в результаті виконання завдань дипломного проєкту може бути використаний як технічна пропозиція для проектування та організації реального виробництва деталей зі схожими конструкторськими елементами. Послідовність та етапи дипломного проєкту можна використовувати як покрокову інструкцію для розрахунку, проектування та моделювання процесів функціонування ГВС.

1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

Виробничим процесом називається сукупність дій, необхідних для випуску готових виробів з напівфабрикатів. В основу виробничого процесу покладено технологічний процес виготовлення виробів, під час якого відбувається зміна якісного стану об'єкта виробництва [3].

Виробництво характеризується певною програмою – переліком продукції, яка повинна бути виготовлена цехом за встановлений період (рік, квартал, місяць). Виробнича програма може бути виражена в натуральних одиницях (шт.), ціннісних (грн.) і одиницях маси (т, кг).

Виробничий процес, в свою чергу, складається з ряду технологічних процесів, під час виконання яких відбувається якісна зміна об'єкту виробництва. У виробничий процес входять такі технологічні процеси, як зберігання заготовок, напівфабрикатів і готової продукції, доставка їх до робочих позицій, різні види обробки деталей, складання виробів, випробування, контроль якості, регулювання, фарбування, оздоблення, упаковка і відправка. Здійснення виробничого процесу забезпечується основною та допоміжною системами (відділеннями) цеху [1].

Різні етапи виробничого процесу на виробництві можуть виконуватися в окремих цехах або на різних ділянках в одному цеху. Під цехом розуміють адміністративно-господарський відокремлений підрозділ, що включає виробничі ділянки, допоміжні підрозділи, службові та побутові приміщення, а також приміщення громадських організацій [4].

Виробничий процес здійснюється на спеціально обладнаному місці (для автоматизованого виробництва - робочій позиції). Залежно від змісту операції і організації її виконання на робочому місці (позиції) можуть бути розташовані технологічне обладнання, засоби автоматизації завантаження і відвантаження заготовок (роботи, маніпулятори тощо), накопичувачі з напівфабрикатами і вимірювальний інструмент, технологічне оснащення, один або група робітників, засоби охорони праці та управління операцій [1].

При об'єднанні кількох робочих місць або позицій утворюються виробничі ділянки, на кожній з яких відбувається виготовлення напівфабрикату або повністю деталі. Функціонування виробничої ділянки забезпечується транспортно-накопичувальними пристроями, засобами технологічного, інструментального та метрологічного обслуговування, охорони праці та управління виробництвом [4].

Сукупність виробничих ділянок і допоміжних підрозділів утворюють виробничу систему. Виробнича система призначена для виготовлення продукції необхідної якості з заданим обсягом випуску.

Для вирішення технологічних задач необхідно: опрацювати питання технологічності виробів, спроектувати технологічні процеси, виявити трудомісткість і верстатоемність операцій, встановити типаж і кількість обладнання, склад і кількість працюючих, норми витрат матеріалів, визначити площі та розміри ділянок та цеху, розробити компоновку цеху, планування обладнання, визначити завдання для подальшого проектування окремих систем [1].

Основою для проектування механічних цехів є подетальна виробнича програма цеху, складена із загальної виробничої програми заводу з додатком креслень, специфікацій деталей, описів конструкцій і технічних умов на виготовлення деталей і виробів [5].

Склад виробничих ділянок і обладнання механічного цеху багато в чому залежить від типу виробництва, яке згідно класифікаційної категорії ЕСТПВ (ГОСТ 14004-83) в залежності від широти номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску виробів буває трьох типів: одиничне, серійне і масове.

При широкономенклатурному виробництві детальну виробничу програму складають тільки для виробу-представника. Проектування механічних ділянок ведеться по точній, наведеній або умовній програмам [5].

У випадку, коли немає повного обсягу даних по номенклатурі та робочими кресленнями деталей, які потребують подальшого виготовлення, а наявні лише на основні типи виробів, трудомісткість визначають за наведеною програмою.

Вихідними даними для проектування ГВС є [6]:

– відомості про продукцію: вид, номенклатура, габарити, вимоги до точності і якості виготовлення, випуск в одиницю часу за незмінними кресленнями;

– відомості про технологічні процеси виготовлення виробів: відомості про заготовки (вид, точність), способах обробки, технологічних базах, складі технологічних переходів, нормативах часу на виконання переходів.

Технологічні процеси широкономенклатурного виробництва розробляються за принципами групової технології, тому що за кожною групою задаються номенклатурні ряди, які вибирають за однією деталлю-представником, що містить у своїй конструкції всі конструктивні елементи, що присутні у інших деталей групи. Якщо такої реальної деталі немає, то її створюють, конструктивно доповнюючи елементами, яких не вистачає, найскладнішу за конструкцією деталь з розглянутих груп.

1.1. Системи автоматизованого проектування (САПР) та системи моделювання функціонування процесів і систем виробництва

САПР (з англ. CAD/CAM – система автоматизованого проектування/система автоматизованого виготовлення) базується на можливості комп'ютерної системи обробляти, зберігати та відображати великі обсяги даних, що представляють деталі та характеристики продукту. Для механічних виробів дані представляють графічні моделі компонентів, для електричних виробів вони представляють схему електричну принципову тощо. Технології CAD/CAM застосовується в багатьох галузях промисловості, включаючи обробку металів, електроніку, проектування та виготовлення виробів тощо. CAD/CAM передбачає не тільки автоматизацію виробничих операцій, але й автоматизацію елементів у всій процедурі проектування та виготовлення [7].

Комп'ютерно-інтегроване виробництво включає всі інженерні функції САПР та бізнес-функції фірми. Ці бізнес-функції включають в себе замовлення, облік витрат, облік часу та оплати праці працівників та виставлення рахунків клієнтам. В ідеальній системі комп'ютерно-інтегрованого виробництва (англ. CIM) комп'ютерна

технологія застосовується для всіх операцій та обробки інформації компанії, від замовлень клієнтів через проектування та виготовлення (CAD/CAM) до відвантаження товарів та обслуговування клієнтів. Область використання комп'ютерної системи включає всі види діяльності, які стосуються виготовлення. Багато в чому СІМ являє собою найвищий рівень автоматизації у виробництві [7].

Основне призначення САПР – прийняття ефективних рішень при розробці об'єкта проектування. Рівень ефективності виконання проектних процедур оцінюється через техніко-економічні показники, аналіз яких виявляє фактори впливу на технологічний процес проектування [8].

В процесі проектування САПР необхідно орієнтуватися на системи, які здійснюють наскрізні та неперервні процеси прийняття рішень при розробці об'єктів проектування, впорядкування процесів збору та обробки інформації та зменшують взаємозв'язок між розробниками за рахунок уніфікації рішень, типізації взаємних вимог між частинами проекту, а також дозволяють із розробленої сукупності варіантів вибирати оптимальний [8].

Інтегрування проектних дій (операцій) при наскрізному проектуванні, починаючи від отримання початкових даних до видачі робочої документації, повинно бути напрямленим на створення проектних процесів з наперед заданими характеристиками.

При проектуванні ділянок та цехів задачі САПР описуються так [9]:

- визначення загальної трудомісткості та верстатоемності за типами обладнання для заданої програми випуску;
- визначення кількості обладнання, основних та додаткових робітників;
- визначення виробничих та допоміжних площ;
- вибір оптимальних компоновки цеху та планування обладнання;
- визначення кількості транспортних та складських засобів, ріжучих та допоміжних інструментів, контрольно-вимірювальних засобів тощо;
- визначення техніко-економічних показників проекту.

Закладені методичні основи повинні відображати стан робіт по нормативному та технологічному забезпеченню, оцінці ефективності традиційних методів та засобів проектування, обґрунтованого числа взаємозв'язків між розділами проекту до якості завдань, що видаються, виявленню та аналізу недоліків в технічній документації (ТД), оцінці організаційних засобів та ефективності оперативного управління процесів проектування, що впливають на рівень якості проектування [9].

Через високу конкуренцію на ринку САПР, вибір рішень досить широкий, і часто компанії пропонують пробні версії, іноді можна знайти і урізані повні версії програмних продуктів для студентів.

Для моделювання процесів та систем, а також створення процесів обробки було обрано програмні пакети компанії Autodesk через взаємну сумісність і достатній, за описом на сайті компанії, функціонал. Також програмні продукти Autodesk мають широкий набір керівництв користувача та довідкових документів.

Однак для проектування твердотілих об'єктів використано програмний пакет SolidWorks через кращу підготованість для цих задач.

Готові програмні моделі деталей сумісні між обраними програмними пакетами через єдині стандарти збереження таких документів, що важливо за умови багато пакетного проектування.

1.2. Аналіз номенклатури оброблюваних деталей

Аналіз номенклатури оброблюваних деталей дає можливість виявити типові деталі, що дозволяють визначити ступінь і напрямки спеціалізації технологічного обладнання верстатної системи виробництва, встановити необхідне число керованих координат верстатів, визначити час обробки деталей на верстатах системи і склад верстатної системи.

Аналіз номенклатури оброблюваних деталей здійснюють в такій послідовності [4]:

- класифікація деталей за габаритними розмірами. Проведення такої класифікації дозволяє скласти уявлення про переважаючі розміри оброблюваних

деталей в комплексі, їх трудомісткість, основні напрями спеціалізації верстатної системи;

– аналіз деталей за трудомісткістю обробки. Такий аналіз необхідно здійснювати в тісному зв'язку з класифікацією деталей за габаритними розмірами оброблюваних поверхонь. Це дозволяє отримати дані для розрахунку числа верстатів, що вбудовуються в комплекс.

На основі здійсненого аналізу номенклатура оброблюваних деталей поділяється за групами, з яких обираються типові деталі. Типові деталі включають в себе всі види оброблюваних поверхонь (в межах даної групи) і їх поєднання, а також характеризують необхідну точність обробки і вимоги до якості обробки.

Для використання електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) в процесі технологічної підготовки виробництва необхідно мати 3-D моделі виробів, адже за допомогою них можна автоматично обирати параметри переналагоджування, програми керування верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), та налаштування виробничих систем для необхідної продукції.

Для отримання додаткових відомостей про продукцію опрацьовано додаткову літературу та інформацію від виробників схожих деталей [10-12].

За зібраними даними типова деталь обов'язково матиме наступні конструктивні елементи:

- центральний отвір (1 шт.);
- отвори для кріплення з різьбою (4 шт.).
- Та такі необов'язкові конструктивні елементи:
- канавка для змащення та інші прорізи в основному отворі;
- вирізи різного призначення на верхній чи нижній гранях;
- вирізи різного призначення на бокових гранях.

З врахуванням наведених вище пунктів спроектовано модель кришки пневматичного механізму (рис. 1.1) та відповідне креслення (див. ДП.ПБ6108.1702.001). Деталь є елементом механізму пневмоциліндра, та використовується як направляюча штоку циліндра. Виготовляється із матеріалу

алюміній, або його сплавів. Працює в статичних умовах, при невисоких динамічних навантаженнях.

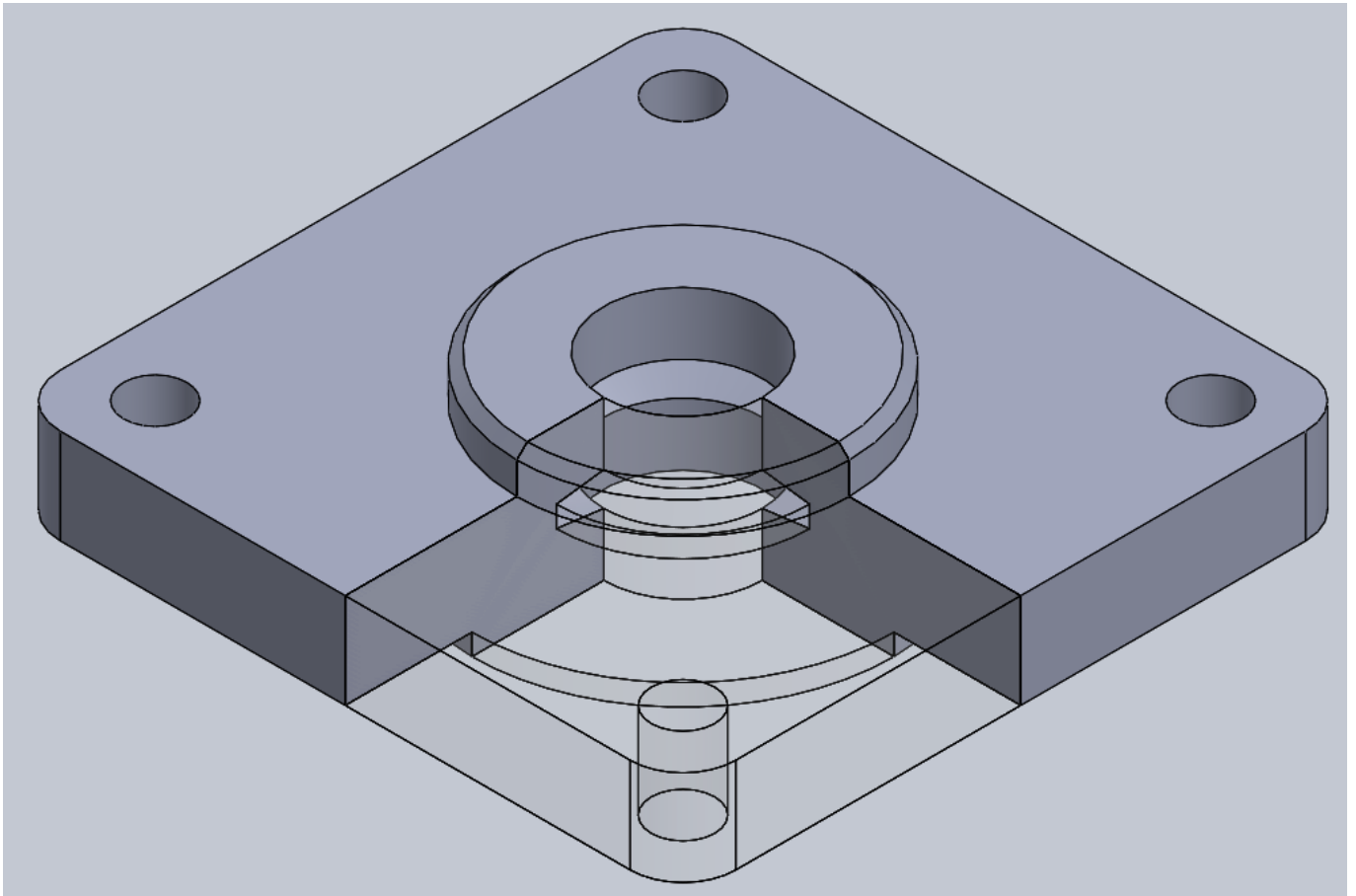


Рис. 1.1 Модель типової деталі

1.3. Розробка технологічних процесів на типові деталі

Розробка технологічних процесів (ТП) на типові деталі здійснюється з урахуванням їх обробки на верстатах з ЧПК. Крім звичайних відомостей про найменування переходів і операцій, вказується умовний номер спеціалізованого верстату, на якому він здійснюється, із зазначенням числа керованих координат, величини переміщень по ним і часу виконання кожного переходу [13]. Такий поділ переходів дозволяє визначити спеціалізацію верстатів за числом керованих координат і трудомісткість обробки на них.

На підставі розроблених технологічних процесів розробляються технологічні вимоги до верстатів (число керованих координат, величини переміщення по ним, ємність інструментальних магазинів тощо) і виконується підбір їх типів з числа

наявних верстатів з ЧПК. У випадку, якщо наявний парк верстатів з ЧПК не задовольняє службовому призначенню виробничих систем, розробляються технічні завдання на їх проектування.

1.3.1. Вибір заготовки та способу її отримання

На базі деталей-представників будується конструкція комплексної заготовки для виготовлення з неї максимально можливого числа різних деталей, представлених групами (таких заготовок може бути кілька видів) [1].

Важливим є визначення оптимальних параметрів отримання заготовок, за яких відбувається зменшення собівартості виробництва. Враховуються наступні чинники [5]:

- форма деталі;
- розміри деталі;
- вага деталі;
- матеріал;
- масштаб виробництва;
- розміри припусків на обробку;
- точність розмірів.

З огляду на перераховані вище фактори для отримання заготовок було обрано лиття в кокіль і розроблено модель заготовки (рис. 1.2) та її креслення (див. ДП.ПБ6108.1702.002). Переваги даного виду отримання заготовки в наближенні її розмірів і параметрів до готової деталі.

Для виконання умови отримання деталі литтям та вимог щодо подальшої механічної обробки умовно визначено матеріал деталі так: АК12(АЛ9) ГОСТ 1583-93 [14-17].

Критерієм оптимальності конструкція для заготовки є коефіцієнт ефективного використання матеріалів заготовки K_M , що розраховується за формулою 1.1. Його значення для автоматизованого широкономенклатурного виробництва повинно задовольняти умову $K_M = 0,7 \dots 0,85$ [5].

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{M_d}{M_3} = \frac{\rho \cdot V_d}{\rho \cdot V_3} = \frac{V_d}{V_3}, \quad (1.1)$$

де V_3 – об'єм заготовки;

V_d – об'єм деталі.

Для габаритних розмірів заготовки: $\square 132 \times 34$ (мм) з центральним отвором 27 мм маємо:

$$K_M = \frac{V_d}{V_3} = \frac{303058 \text{ мм}^3}{412873 \text{ мм}^3} = 0,73$$

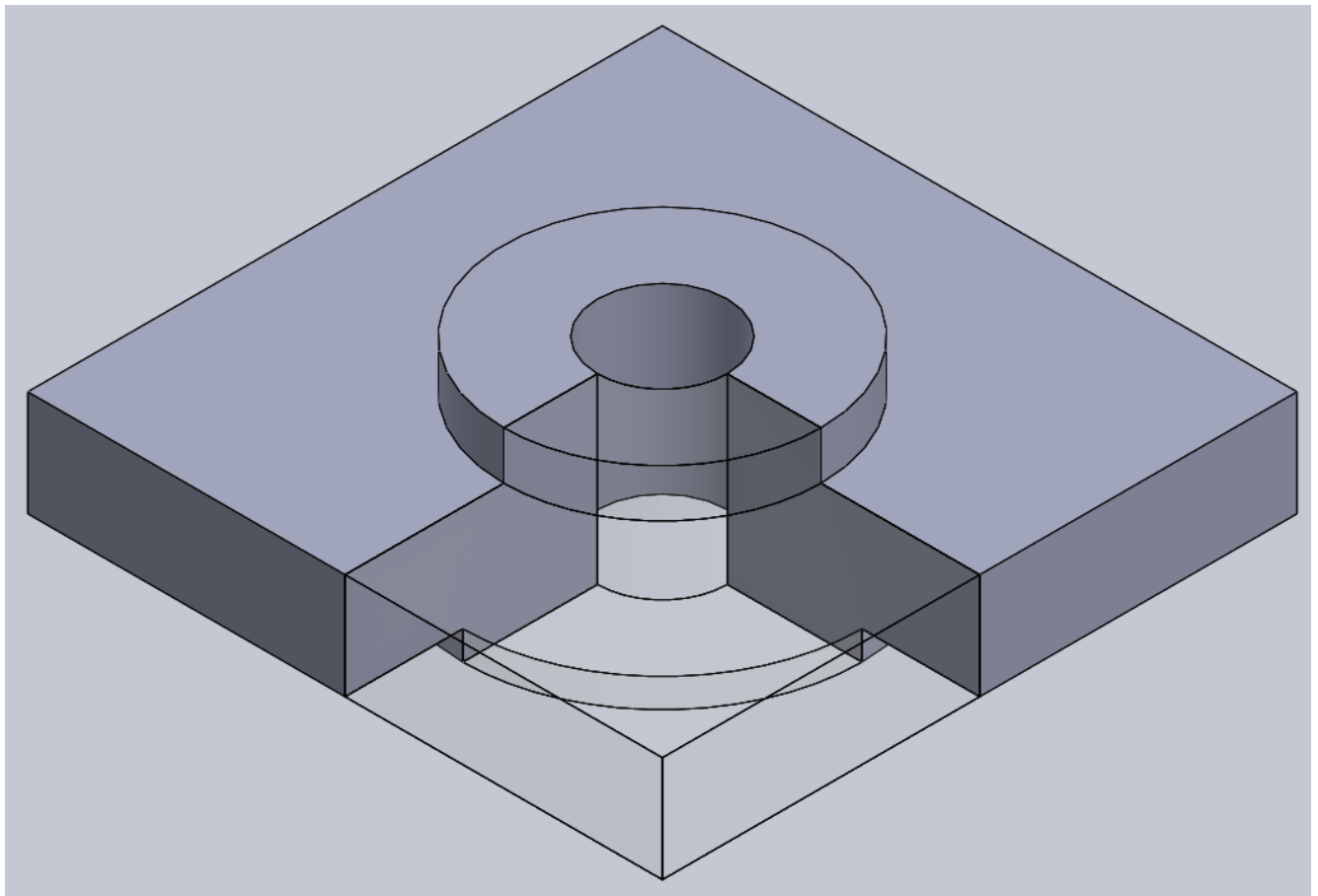


Рис. 1.2 Модель заготовки

$$0,7 < K_M < 0,85$$

Отже конструкція та розміри заготовки, що отримано методом лиття в кокіль, є оптимальними.

1.3.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

При розробці ТП обробки деталей в автоматизованих виробничих системах слід виходити з принципу прямоточності вантажних потоків заготовок, технологічної оснастки та інструментів, мінімуму часу зберігання напівфабрикатів, мінімуму транспортних переміщень [1].

Маршрутні технологічні процеси будуються для кожної деталі-представника, допускаючи, що обробка інших деталей проходить операції обробки деталей-представників з частковою їх зміною [3].

У процесі механічної обробки, на перших операціях базування деталі відбувається за чорнову базу, потім відбувається обробка поверхонь, які в подальшому стануть чистовими базами. Наступними обробляють ті поверхні, з яких знімається найбільший шар металу. Після цього обробляються поверхні, з яких знімається найменший шар металу. За таким самим принципом виконуються і шліфування поверхні отвору чи нарізання різьби [5].

ТП виготовлення спроектованої типової деталі (рис. 1.1) матиме такі пункти:

- Отримання заготовки необхідної форми. (лиття/прокат)
- Обробка зовнішніх поверхонь для формування чистових баз. (фрезерування)
- Обробка центрального отвору, а також вирізання канавки чи спеціальних вирізів за необхідності. (точіння)
- Свердління отворів для кріплення та додаткових отворів на бокових гранях, нарізання різьби. (свердління)
- Контроль розмірів, циліндричності та якості поверхонь деталі.

Перша операція – фрезерування. Чорновими базами на даній операції є бічні сторони деталі. На даному етапі сформовано чистові бази деталі, для встановлення на них при виконанні наступних операцій. Подальша обробка буде виконуватися із встановленням вже на чистові бази оброблених бічних поверхонь.

Друга операція – токарна. На даній операції виконується обробка всіх поверхонь обертання, підрізання торців та формування внутрішньої канавки.

Третя операція – свердлильна, на якій створюються отвори для кріплення деталі та нарізання різьби.

На контрольній операції проводиться контроль точності розмірів і взаємного розташування поверхонь.

ТП виготовлення типової деталі матиме такий вигляд:

005 Заготівельна

010 Фрезерна

1. Встановити, закріпити.
2. Фрезерувати бічні поверхні.

015 Фрезерна

1. Перевстановити, закріпити, зняти.
2. Фрезерувати бічні поверхні.

020 Токарна

1. Встановити, закріпити.
2. Точити торець.
3. Точити циліндричну поверхню $\varnothing 80$.

025 Токарна

1. Перевстановити, закріпити, зняти.
2. Точити торець.
3. Точити циліндричну поверхню $\varnothing 63$.
4. Розточити отвір $\varnothing 30$.
5. Точити внутрішню канавку.

030 Свердлильна

1. Встановити, закріпити, зняти.
2. Свердлити отвори $\varnothing 12$.
3. Нарізати різьбу.

035 Контрольна

1. Встановити, закріпити, зняти.
2. Контролювати точність та шорсткість поверхні $\varnothing 80$.

Для наочності порядку виконання операцій механічної обробки було розроблено схему технологічних операцій (див. ДП.ПБ6108.1702.003).

1.4.Вибір параметрів обладнання та інструменту для виготовлення

При побудові ТП і виборі верстатного обладнання (габарити робочого простору, число керованих координат, потужність приводу тощо) необхідно прагнути до мінімуму собівартості виробництва.

В якості пристосувань буде використовуватися вбудоване або сумісне з обраними верстатами обладнання, оскільки процеси обробки проводяться автоматично та керуються ЕОМ. Використовуваний інструмент також має бути універсальним або сумісним з обраним обладнанням.

При виборі верстатів основним критерієм є габаритні розміри оброблюваної деталі, точність її виготовлення і значення параметрів шорсткості, які необхідно досягти в результаті обробки. Відповідно до цього доцільно буде використовувати верстати з такими інструментами:

- Для фрезерування бокових сторін – вертикально-фрезерний верстат та лещата, інструментом служить фреза торцева.
- Для отримання тіл обертання і обробки плоских поверхонь, перпендикулярних осі обертання – токарно-револьверний верстат та чотирьохкулачковий самоцентруючий патрон, для підрізання торців деталі використовується різець токарний, щоб сточити торець – різець прохідний упорний.
- Для свердління отворів – радіально-свердлильний верстат та лещата, свердлом спіральним виготовляються отвори, для розсвердлювання отвору використовується зенкер, для нарізання різьби – мітчик.

Фрезерний та токарний верстати мають по 2 осі керування, свердлильний же має 3 осі керування. Визначеними параметрами відповідають більшість обладнання на ринку, тож основною вимогою стають потужність, сумісність з універсальним інструментом та можливість керування ЕОМ.

Для обробки фрезеруванням обох бічних сторін за одного закріплення деталі губки лещат мають мати ширину меншу за розмір деталі, відповідно до 128 мм.

Попередні вимоги до обладнання механічної обробки проектованої ГВС знаходяться в додатку А.

1.5. Визначення міжопераційних припусків і допусків заготовки

Припуски на механічну обробку поверхонь заготовки можуть бути визначені дослідно-статистичним методом або на підставі розрахунково-аналітичного методу. Дослідно-статистичний метод призначає припуски незалежно від технологічного процесу обробки заготовки, тому вони, як правило, є завищеними. Аналітичний метод базується на аналізі виробничих похибок, виникаючих при конкретних умовах обробки заготовки, визначенні величин елементів, які містять припуск, і їх підсумовуванні [5].

Оскільки ГВС будується на основі типової деталі, для визначення її параметрів визначення припусків буде виконано дослідно-статистичним методом на основі ГОСТ Р 53464-2009 [18]:

- З Додатку А, для виливку з Алюмінію отриманого за лиття під низьким тиском або в кокіль без піщаних стрижнів, з найбільшим габаритним розміром 128, маємо клас розмірної точності 5-9. Прийmemo 9.

- З Додатку Б, для багаторазових форм із не термообробленими виливками із відношенням найбільшого до найменшого габаритних розмірів в:

$$30/128 = 0,234,$$

маємо степiнь короблення елементів виливків 1-4. Прийmemo 4.

- З Додатку В, для виливку з Алюмінію отриманого за лиття під низьким тиском або в кокіль без піщаних стрижнів, з найбільшим габаритним розміром 128, маємо степiнь точності поверхонь виливок 5-10. Прийmemo 10.

- З Додатку Г, для степені точності 9, маємо значення шорсткості $Ra=12.5$.

- З Додатку Е, для степені точності 9, маємо значення ряду припусків 3-6 . Прийmemo 5.

– Для розміру $\square 128$ і класу точності 9 лінійний допуск розмірів відливки 2,4. Для розміру 30 і класу точності 9 лінійний допуск розмірів відливки 1,8.

– Для розміру $\square 128$ і класу точності 9 допуск форми поверхні відливки 0,32. Для розміру 30 і класу точності 9 лінійний допуск розмірів відливки 0,24.

– Загальний допуск виливку для розміру $\square 128$:

$$2,4 + 0,32 = 2,72 \text{ (мм)},$$

та для розміру 30:

$$1,8 + 0,24 = 2,04 \text{ (мм)}.$$

– Для класу розмірної точності 9 маємо мінімальний ливарний припуск на сторону не більше 0,5 мм.

– Для загального допуску поверхні 2,72 мм та ряду припуску виливку 5, загальний припуск на сторону не більше 3,5 мм. Для загального допуску поверхні 2,04 мм та ряду припуску виливку 5, загальний припуск на сторону не більше 1,9 мм.

– Загальні припуски на поверхні обертання та протилежні поверхні, що використовуються в якості взаємних баз, назначають за половинними значеннями загальних допусків виливку на відповідні діаметри або відстані між протилежними поверхнями виливку.

За отриманими параметрами визначимо точність виливку так: «Точность отливки 9-5-10-0 ГОСТ Р 53464-2009».

1.6. Технічне нормування

Оперативний час обробки на верстатах із ЧПК складається із наступних складових [4]:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{м-в}} + t_y, \quad (1.2)$$

де t_0 – основний час переходу (операції);

$t_{\text{м-д}}$ – машинно-допоміжний час виконання переходів, хв.;

t_y – час на встановлення та зняття деталі, хв.

Значення основного часу t_o визначається для кожного переходу і підсумовується по операції в цілому; значення машинно-допоміжного часу $t_{м-в}$ встановлюється за нормативними даними; t_y можна приймати в середньому 0,12 ... 0,18 хв на кожну операцію для автоматизованої зміни заготовки на верстатах з ЧПК токарної групи [1].

Для проектування цеху достатньо розрахувати основний час за наближеними емпіричними формулами. Норма штучно-калькуляційного часу за наближеними даними [4]:

$$T_{шт.к} = \varphi_k t_o, \quad (1.3)$$

де φ_k – коефіцієнт, що залежить від складності обслуговування обладнання і може бути визначеним за нормативними даними.

Трудомісткість деталі розраховується за формулою [4]:

$$C_6 = \sum_{i=1}^n T_{шт.кi}, \quad (1.4)$$

Нормування фрезерної операції бокових поверхонь 128*18

Для чорнового фрезерування торцевою фрезою $t_{ф.чорн} = 6l$, для чистового $t_{ф} = 4l (10^{-3} \text{ хв})$.

$$t_o = (t_{ф.чорн} + t_{ф.чист}) * 4 = 5,3 \text{ хв}$$

Машинно-допоміжний час для фрезерної обробки приймемо $t_{м-д} = 0,2 \text{ хв}$.

Сумарний оперативний час: $T_{оп} = 5,3 + 0,2 + 0,15 = 5,65 \text{ хв}$.

Штучно-калькуляційний час: $T_{шт.к} = 1,84 * 5,3 = 9,8 \text{ хв}$.

Нормування точіння поверхні Ø63

Для чорнового точіння $t_T = 0,63(D^2 - d^2) (10^{-3} \text{ хв})$, для чистового аналогічно, підрізання фаски $t_{ф} = 0,037(D^2 - d^2)$.

$$t_o = t_{т.чорн} + t_{т.чист} + t_{ф} = 0,51 \text{ хв}$$

Машинно-допоміжний час для токарної обробки приймемо $t_{м-д} = 0,1 \text{ хв}$.

Сумарний оперативний час: $T_{оп} = 0,51 + 0,1 + 0,12 = 0,74 \text{ хв}$.

Штучно-калькуляційний час: $T_{шт.к} = 1,98 * 0,51 = 1 \text{ хв.}$

Нормування точіння верхньої поверхні до Ø63

Для чорнового точіння $t_T = 0,037(D^2 - d^2)$, для чистового – $t_T = 0,052(D^2 - d^2) (10^{-3} \text{ хв.})$.

$$t_o = t_{т.чорн} + t_{т.чист} = 1,09 \text{ хв}$$

Машинно-допоміжний час для токарної обробки приймемо $t_{м-д} = 0,1 \text{ хв.}$

Сумарний оперативний час: $T_{оп} = 1,09 + 0,1 + 0,12 = 1,31 \text{ хв.}$

Штучно-калькуляційний час: $T_{шт.к} = 1,98 * 1,09 = 2,16 \text{ хв.}$

Нормування точіння поверхні Ø80

Для чорнового точіння $t_T = 0,63(D^2 - d^2) (10^{-3} \text{ хв.})$, для чистового аналогічно, підрізання фаски $t_\phi = 0,037(D^2 - d^2).616$

$$t_o = t_{т.чорн} + t_{т.чист} + t_\phi = 0,63 \text{ хв}$$

Машинно-допоміжний час для токарної обробки приймемо $t_{м-д} = 0,1 \text{ хв.}$

Сумарний оперативний час: $T_{оп} = 0,63 + 0,1 + 0,12 = 0,86 \text{ хв.}$

Штучно-калькуляційний час: $T_{шт.к} = 1,98 * 0,63 = 1,25 \text{ хв.}$

Нормування точіння нижньої поверхні до Ø80

Для чорнового точіння $t_T = 0,037(D^2 - d^2)$, для чистового – $t_T = 0,052(D^2 - d^2) (10^{-3} \text{ хв.})$.

$$t_o = t_{т.чорн} + t_{т.чист} = 0,87 \text{ хв}$$

Машинно-допоміжний час для токарної обробки приймемо $t_{м-д} = 0 \text{ хв.}$

Сумарний оперативний час: $T_{оп} = 0,87 + 0 + 0,12 = 0,99 \text{ хв.}$

Штучно-калькуляційний час: $T_{шт.к} = 1,98 * 0,87 = 1,72 \text{ хв.}$

Нормування обробки центрального отвору $\varnothing 30$

Для зенкерування $t_z = 0,21l$ (10^{-3} хв). Для чорнової розгортки $t_p = 0,43dl$, для чистової – $t_p = 0,86dl$ (10^{-3} хв).

$$t_o = t_z + t_{p.чорн} + t_{p.чист} = 1,17 \text{ хв}$$

Машинно-допоміжний час для токарної обробки прийmemo $t_{м-д} = 0,1$ хв.

Сумарний оперативний час: $T_{оп} = 1,17 + 0,1 + 0,15 = 1,42$ хв.

Штучно-калькуляційний час: $T_{шт.к} = 1,98 * 1,17 = 2,32$ хв.

Нормування формування внутрішнього вирізу в центральному отворі

Для чорнового точіння $t_T = 0,63(D^2 - d^2)$ (10^{-3} хв), для чистового аналогічно, підрізання фаски $t_\phi = 0,037(D^2 - d^2)$.

$$t_o = t_{T.чорн} + t_{T.чист} + t_\phi = 1,82 \text{ хв}$$

Машинно-допоміжний час для токарної обробки прийmemo $t_{м-д} = 0,1$ хв.

Сумарний оперативний час: $T_{оп} = 1,82 + 0,1 + 0,15 = 2,07$ хв.

Штучно-калькуляційний час: $T_{шт.к} = 1,98 * 1,82 = 3,6$ хв.

Нормування обробки кріпильних отворів $\varnothing 12$

Для свердління $t_c = 0,52dl$ (10^{-3} хв). Для чорнової розгортки $t_p = 0,43dl$, для чистової – $t_p = 0,86dl$ (10^{-3} хв). Для нарізання мітчиком різьби $t_n = 0,4dl$ (10^{-3} хв).

$$t_o = (t_c + t_{p.чорн} + t_{p.чист} + t_n) * 4 = 1,13 \text{ хв}$$

Машинно-допоміжний час для свердлильної обробки прийmemo $t_{м-д} = 0,4$ хв.

Сумарний оперативний час: $T_{оп} = 1,13 + 0,4 + 0,15 = 1,68$ хв.

Штучно-калькуляційний час: $T_{шт.к} = 1,75 * 1,13 = 1,98$ хв.

Сумарна трудомісткість

Сумарна трудомісткість фрезерної операції $C_\phi = 9,8$ хв.

Сумарна трудомісткість токарної операції $C_T = 1 + 1,25 + 2,16 + 1,72 + 2,32 + 3,6 = 12,05$ хв.

Сумарна трудомісткість свердлильної операції $C_C = 1,98$ хв.

Трудомісткість для розрахованої базової деталі $C_6 = C_\Phi + C_T + C_C = 23,83$ хв.

1.7. Створення програм обробки та керуючих програм для верстатів з ЧПК

Для створення даних механічної обробки деталі використано програмний комплекс Autodesk Fusion 360.

Комплекс представляє собою повноцінний CAD/CAE/CAM інструмент. Застосовується в сфері промислового дизайну і виробництва. Гнучке середовище може налаштовуватися під необхідні потреби. Основні можливості [19]:

- CAD. Для проектування моделей у Fusion 360 зібраний повний набір видів моделювання (поверхневого, твердотільний тощо). Крім того, в список входить моделювання сплайна, робота з імпортованими сітковими моделями і листовим металом.

- CAE. Інженерний аналіз майбутнього виробу – моделювання обраного методу навантаження (фізичне, температурі перепади тощо). Для повноцінного дослідження досить віртуального середовища. Є можливість проводити обчислення за допомогою хмарних технологій, щоб звільнити комп'ютер від навантаження.

- CAM. Підготовка моделі для виробництва на верстаті з ЧПК, де є можливість 4- і 5-осьової обробок, або підготовка моделі для виготовлення на 3D-принтері.

- Generative Design. Дозволяє визначити багато різних форм для конструкції, зберігаючи або навіть збільшуючи міцність і зменшуючи масу. При цьому вона враховує переваги за методом виробництва деталі. Всі розрахунки проходять на серверах компанії, що дозволяє продовжувати повноцінно працювати над проектами під час використання цього модуля.

В програмний пакет було завантажено спроектовану раніше модель типової деталі (див. рис.1.1). В підсистемі САМ було обрано позиціонування деталі, модель заготовки, тип та верстат обробки(рис. 3.1).

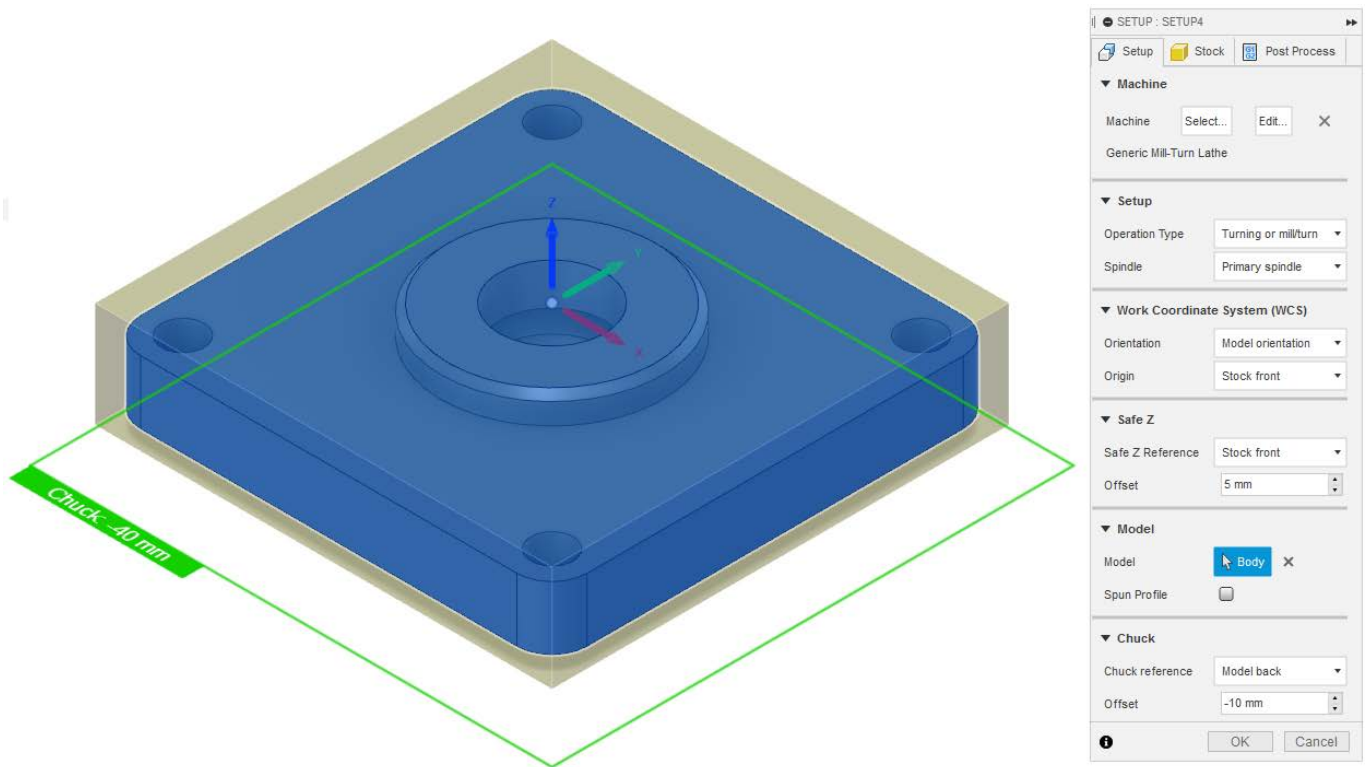


Рис. 3.1 Обрання параметрів моделі

Далі обрано «Contour milling» та використовуваний інструмент – свердло із необхідними параметрами (рис. 3.2). Потім програма пропонує визначити елементи, що обробляються, тип та параметри обробки, розміри орієнтації інструменту. Рекомендовані параметри обробки встановлюються автоматично, однак їх можна змінити.

Name	ing diam	ner raderall	lengute	length	ft diam	urface speed	utting feed	rabindle speed	eng feedrate per revol
13 - Ø1/2" 90° - spot drill (2 Flut...	12.7 mm	0 mm	102 mm	6.35 mm	12.7 mm	30.5 m/min	77.6 mm/min	764 rpm	0.102 mm/revolution
2 - Ø29/64" 118° - drill (29/64)	11.5 mm	0 mm	120 mm	115 mm	11.5 mm	91.5 m/min	737 mm/min	2530 rpm	0.291 mm/revolution

Рис. 3.1 Обрання інструменту із БД

За визначеними параметрами створено симуляцію та машинний код обробки для верстату із заданими параметрами, та виконано наочну симуляцію обробки за допомогою готового коду (рис. 3.2).

Після встановлення параметрів обробки, дані про обладнання, інструмент та режими обробки можна зберегти в окремий файл у потрібному форматі.

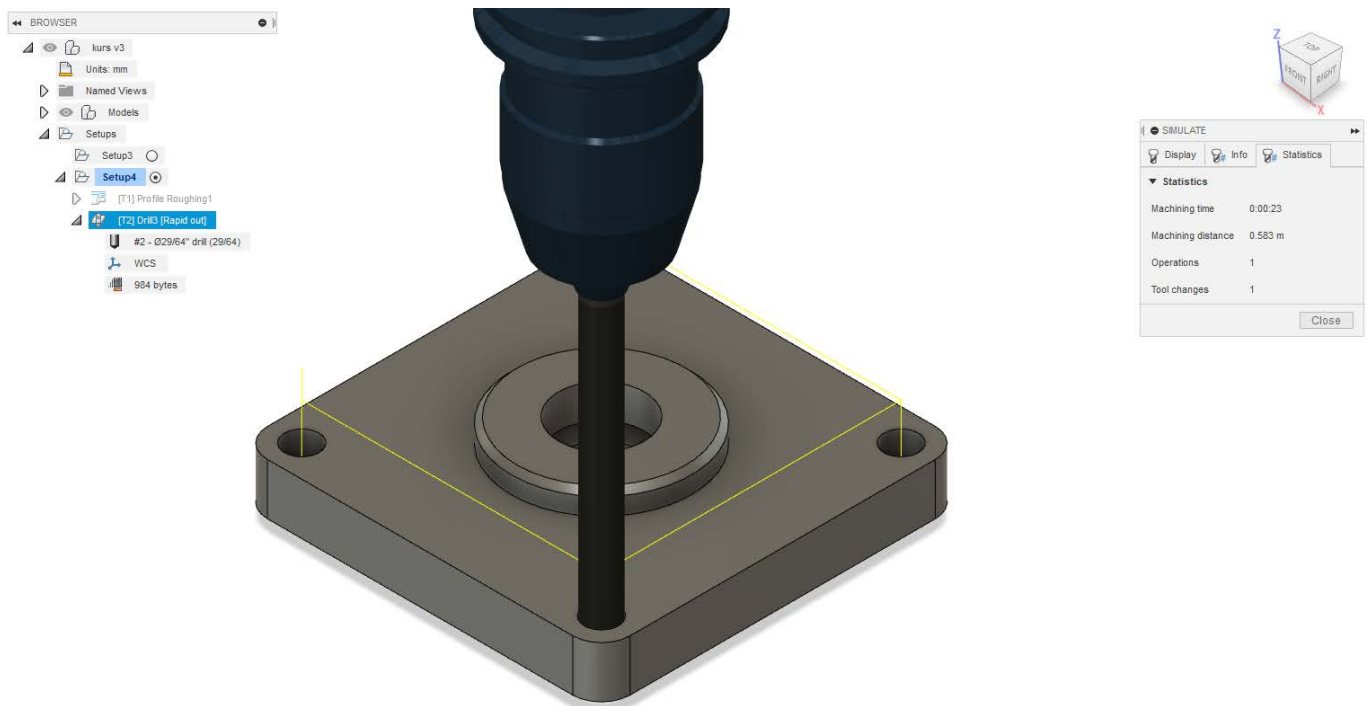


Рис. 3.2 Симуляція процесу свердління отворів

Отриманий код для керування відповідного верстату з ЧПК представлено у додатку Б.

За таким алгоритмом пакет засобів Autodesk Fusion 360 дозволяє отримати дані для механообробних операцій (фрезерування, точіння, свердління), багатоцільових верстатних комплексів, для автоматизованого контролю та 3D друку, маючи рекомендовані параметри для інструментів та верстатів доступних із БД Autodesk.

Виконані дії дозволяють побачити доступність засобів автоматизації проектування ТП для механічної обробки, що дають можливість не тримати в оберті ТД, а лише отримувати необхідні для процесу обробки на верстатах з ЧПК дані.

Висновок до технологічного розділу

Обрано програмні пакети для створення проекту ділянки ГВС, моделі виробу та ТП її виготовлення.

За допомогою обраного програмного забезпечення створено моделі деталі та заготовки, а також показана можливість створення програми керування ЧПК (див. Додаток Б).

Визначено вихідні параметри для проектування ГВС, а саме:

- типова деталь (див. ДП.ПБ61.08.1702.001) та її заготовка (див. ДП.ПБ61.08.1702.002);
- ТП виготовлення типової деталі (див. ДП.ПБ6108.1702.003), що складається з послідовних фрезерування, точіння та свердління;
- припуски на обробку бокових, зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь;
- трудомісткості кожної з операцій окремо, та загальну трудомісткість виробу.

2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

До складу системи забезпечення функціонування ГВС входять автоматизована транспортно-складська система (АТСС), автоматизована система інструментального забезпечення (АСІО), автоматизована система контролю (АСК), автоматизована система видалення відходів виробництва (АСУ ВВ), автоматизована система управління технологічної підготовки виробництва (АСУ ТПВ) і автоматизована система управління виробництвом (АСУВ).

Організаційно ГВС може бути представлена гнучкою автоматизованою лінією (ГАЛ), гнучкою автоматизованою ділянкою (Г АД), гнучким автоматизованим цехом (ГАЦ) і, в перспективі, гнучким виробничим заводом (ГАЗ). Менш автоматизованими (автоматичні, переналагоджувальні) виробничими структурами є роботизовані технологічні комплекси (РТК), роботизовані технологічні лінії (РТЛ), роботизовані технологічні ділянки (РТД) [6].

Як уже зазначалося, ГВС на підприємстві можуть бути представлені окремими виробничими ділянками, які передбачають їх проектування і підготовку виробництва фахівцями самого підприємства.

Більшість ГВС складаються з трьох основних систем. Робочі машини, які часто є автоматичними верстатами з ЧПК, з'єднані системою доставки матеріалів для оптимізації потоку деталей і центрального комп'ютера управління, який контролює переміщення матеріалу і потік машини [20].

Основними перевагами ГВС є їх висока гнучкість в управлінні виробничими ресурсами, такими як час і зусилля для виробництва нового продукту. Краще застосування ГВС можна знайти в виробництві невеликої номенклатури наборів продуктів при їх масовому виробництві.

ГВС повинні створюватися на базі єдиної системи автоматизованих технологічних модулів з використанням сумісних ЕОМ, що об'єднуються в обчислювальні мережі. Необхідно використовувати типові автоматизовані модулі для різних типів виробництв і видів технології, організації об'єднання в розробці, виготовленні та впровадженні головних систем [21].

2.1. Визначення сумарної верстатоемності виробничої програми та розрахунок числа верстатів комплексу ГВС

Розрахунок сумарної верстатоемності автоматизованої обробки на верстатах ГВС для кожного типорозміру здійснюється за формулою [6]:

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m t_{\text{оп}ij} N_i, \quad (2.1)$$

де $t_{\text{оп}ij}$ – оперативний час виконання j -го переходу обробки i -ї деталі;

N_i – річна програма випуску i -тих деталей;

m – число переходів в обробці i -ї деталі на верстаті даного типорозміру;

n – число найменувань деталей (номенклатура), що оброблюється на верстаті.

Розрахунок сумарної трудомісткості заданого номенклатурного ряду C_{Σ} зводиться спочатку до визначення верстатоемності обробки базової деталі-представника – C_6 . Потім, використовуючи принцип подібності, весь номенклатурний ряд зводять до умовного однономенклатурного ряду. При цьому трудомісткість кожної деталі з номенклатурного ряду C_i визначають за допомогою коефіцієнтів приведення за формулою [22]:

$$C_i = K_M K_N K_{\text{скл}} C_6, \quad (2.2)$$

де $K_M, K_N, K_{\text{скл}}$ – коефіцієнти зведення розглянутої деталі відповідно за масою, річною програмою та складністю по відношенню до базової деталі;

C_6 – трудомісткість базової деталі.

З огляду на подібність деталей кожного з номенклатурних рядів і їх однакову річну програму всередині ряду, значення коефіцієнтів $K_N, K_{\text{скл}}$ можна приймати рівними одиниці, а різницю по масі – не перевищуючою 20%, тобто значення коефіцієнта K_M по кожній деталі прийняти однаковим і рівним $K_M = 0,8$ [4].

Тоді верстатоемність кожної деталі з номенклатурного ряду по відношенню до верстатоемності базової деталі складе: $C_i = 0,8 C_6$, а сумарна верстатоемність за розглянутим типорозміром верстата:

$$C_{\Sigma} = [1 + 0,8(n - 1)] C_6 N_p, \quad (2.3)$$

де n – кількість деталей номенклатурного ряду;

N_p – річна програма кожної деталі.

В умовах серійного виробництва розрахункова кількість верстатів n_v для кожного типу верстату визначається за формулою [4]:

$$n_v = \frac{\sum_{i=1}^n t_{шт.кi} N_i}{\Phi_{поз} 60}, \quad (2.4)$$

де $t_{шт.кi}$ – штучний час обробки i -ї деталі, хв;

N_i – місячна програма випуску i -ї деталі;

$\Phi_{поз}$ – ефективний місячний фонд роботи верстата, год.

Оскільки розрахунок ГВС ведеться для одної типової деталі, чисельник формули 2.4 можна представити так: $\sum_{i=1}^n t_{шт.кi} N_i = t_{шт.к} * N * i$.

Прийняте число верстатів на операції перевіряється за коефіцієнтом використання обладнання:

$$K_v = n_p / n_{пр}, \quad (2.5)$$

Якість проектування вважається задовільною, якщо значення коефіцієнта використання для кожної одиниці обладнання становить не менше 0,85, а середнє значення по комплексу $K_v \geq 0,75$.

Сумарна верстатоемність для проектованої ГВС:

$$C_{\Sigma} = [1 + 0,8(7 - 1)] * 23,83 * 10\,000 = 1\,382\,140 \text{ (хв)}$$

Для фрезерної обробки у проектованій ГВС:

$$n_v = \frac{9,8 * 10\,000 * 7}{3980\,60} = 2,8 \rightarrow 3$$

Якість проектування модуля фрезерної обробки:

$$K_v = \frac{2,8}{3} = 0,93$$

Для токарної обробки у проектованій ГВС:

$$n_v = \frac{12,05 * 10\,000 * 7}{3980\,60} = 3,5 \rightarrow 4$$

Якість проектування модуля токарної обробки:

$$K_v = \frac{3,5}{4} = 0,88$$

Для свердлильної обробки у проєктованій ГВС:

$$n_b = \frac{1,98 * 10\,000 * 7}{3980\,60} = 0,57 \rightarrow 1$$

Якість проєктування модуля свердлильної обробки:

$$K_b = \frac{0,57}{1} = 0,57$$

Незважаючи на те, що на свердлильній операції завантаження верстата нижче рекомендованого для автоматизованих виробництв, зміна конфігурації верстатів ГВС не проводиться з огляду на економічну складову.

2.2. Розрахунок і побудова автоматичної системи інструментального забезпечення (АСІЗ)

Ділянка інструментальної підготовки автоматизованого виробництва включає в себе, як правило, дві секції: секцію складання і налаштування інструменту та секцію обслуговування інструментом робочих місць [1].

Секція складання і налаштування інструментів призначена для складання та налаштування комплектів інструментів, а також передачі налаштованих інструментів в секцію обслуговування інструментами робочих місць (ІРК).

Секція обслуговування інструментами призначена для своєчасного забезпечення виробничих ділянок налаштованими інструментами відповідно до виробничої програми. До складу секції входять [1]:

- ділянка зберігання і комплектації інструментів;
- ділянка доставки інструменту до робочих місць;
- ділянка розбирання відпрацьованого інструменту.

Решта функцій системи інструментального забезпечення, такі як відновлення (заточування) інструменту, ремонт допоміжної оснастки тощо, входять в завдання служб централізованого інструментального складу (ЦІС).

Розрахунок і побудова ділянок інструментального забезпечення проводиться виходячи з потрібного числа оборотного фонду інструментів виробничих ділянок по виконанню виробничої програми цехом.

2.2.1. Розрахунок розміру оборотного фонду інструментів

При побудові системи інструментального забезпечення автоматизованих виробничих ділянок за основу прийнята система централізованого забезпечення технологічного обладнання комплектами заздалегідь налаштованих інструментів відповідно до програми випуску, а також виконання всіх вищевказаних функцій системи інструментального забезпечення.

Номенклатуру ріжучого інструменту встановлюють виходячи з розроблених технологічних процесів виготовлення виробів, а їх кількість визначають наступним чином. У страховому запасі найбільшу кількість становить інструмент з малою стійкістю (мітчики, розгортки тощо). Для роботизованого виробництва мінімальну величину оборотного фонду ріжучого інструменту H_{ϕ} кожного типорозміру визначають за нормативними документами в залежності від числа замін за зміну і одночасно працюючих інструментів [5].

У роботизованому виробництві, приймають місячну норму витрати інструменту з розрахунку 40 робочих змін (305 год), яку визначають для кожного виду інструменту за нормативами, а величину норми витрати приймають $H_n = 1$ для кожного типорозміру інструменту для кожної зміни [22].

Таким чином, величина місячного оборотного фонду інструменту H_K по кожному верстату в ГВС складе:

$$H_K = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p H_{ij} \cdot 40, \quad (2.6)$$

де H_{ij} – оборотний фонд j -го виду інструменту для обробки i -ї деталі;

p – число інструментів (інструментальних блоків) для обробки i -ї деталі;

m – кількість деталей різного найменування (номенклатура), що проходять обробку на верстаті розглянутого типорозміру.

Величину місячного оборотного фонду кожної інструментальної наладки H_{ij} приймають за нормативами з урахуванням однієї додаткової наладки для кожного виду інструмента, тобто:

$$H_{ij} = (K_{ij} + 1), \quad (2.7)$$

де K_{ij} – нормативне значення оборотного фонду інструменту (інструментальних блоків), шт./зміну.

Сумарний оборотний фонд інструменту для всього верстатного комплексу ГВС в місяць складе:

$$H_{\Sigma} = \sum_{K=1}^n H_K, \quad (2.8)$$

де n – прийняте число верстатів в верстатному комплексі ГВС.

Для проектованої ГВС місячний оборотний фонд інструменту:

для фрезерування $H_{ij} = 7$ інструментів/зміну;

для точіння $H_{\phi} = 5$ інструментів/зміну;

для свердління $H_{\phi} = 7$ інструментів/зміну;

Місячний оборотний фонд інструменту для всього верстатного комплексу проектованої ГВС:

$$H_K = \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^3 H_{ij} * 40 = 7 * (3 * 7 + 4 * 5 + 1 * 7) * 40 = 13\,440 \text{ інструментів}$$

Сумарний місячний оборотний фонд інструменту для всього верстатного комплексу проектованої ГВС:

$$H_{\Sigma} = \sum_{K=1}^8 336 = 107\,520 \text{ (інструментів)}$$

За автоматичної доставки інструментальний блок на робочу позицію надходить в тарі в строго фіксованому положенні. Промисловий робот бере блок з тари та встановлює на робочу позицію. Потім знімає його з верстата і поміщає в тару. Після цього бере новий блок і встановлює його на робоче місце. Правильність положення закріпленого інструментального блоку контролюється системою управління верстатом. Видалений з верстата блок відправляється в уніфікованій тарі у відділення розбирання інструменту транспортною системою цеху [5].

2.2.2. Проектування секції складання і налаштування інструменту

Для розмірного налаштування ріжучого інструменту для верстатів токарної групи використовуються в основному оптичні прилади горизонтального виконання. Крім пристроїв для налаштування ріжучого інструменту, секцію складання і налаштування інструменту оснащують стелажми для зберігання, контрольними плитами, дисплеями зв'язку з ЕОМ, з системою інструментального обороту тощо [22].

Число пристроїв для налаштування інструментів визначають за формулою:

$$N_{\Pi} = \frac{N_{\text{в}} n_{\text{зм}} t_{\text{н}}}{60 \Phi_{\text{зм}} K_3} K_{\text{а}}, \quad (2.9)$$

де $N_{\text{в}}$ – кількість обслуговуваних верстатів;

$n_{\text{зм}}$ – число інструментів, які потрібно налаштувати за зміну на один верстат;

$t_{\text{н}}$ – середньостатистична норма часу налаштування одного різального інструменту (можна приймати $t_{\text{н}} = 5$ хв);

$\Phi_{\text{зм}}$ – час однієї робочої зміни, $\Phi_{\text{зм}} = 8$ год ;

K_3 – коефіцієнт завантаження пристрою, $K_3 = 0,8$;

$K_{\text{а}}$ – коефіцієнт, що враховує можливість автоматизації налаштування на самому верстаті, $K_{\text{а}} = 0,5$.

Число слюсарів-інструментальників по налаштуванню інструментів:

$$P_{\text{н}} = \frac{F_{\text{д}} N_{\Pi}}{\Phi_{\text{р}}}, \quad (2.10)$$

де $F_{\text{д}}$ – ефективний (дійсний) річний фонд часу роботи пристрою, $F_{\text{д}} = 2050$ год;

$\Phi_{\text{р}}$ – ефективний річний фонд часу роботи слюсаря-інструментальника, $\Phi_{\text{р}} = 1820$ год.

Площа, необхідна для налаштовувальників інструментів:

$$F_{\text{н}} = N_{\Pi} f_{\text{н}}, \quad (2.11)$$

де $f_{\text{н}}$ – питома площа для налаштування одного пристрою, $f_{\text{н}} = 10 \text{ м}^2$.

Число пристроїв налаштування інструментів для проектованої ГВС:

$$N_{\text{п}} = \frac{8 * (8 * 7) * 5}{60 * 8 * 0,8} 0,5 = 2,92 \rightarrow 3$$

Число слюсарів-інструментальників для проектованої ГВС:

$$P_{\text{н}} = \frac{2050 * 3}{1820} = 3,38 \rightarrow 3$$

Площа для налаштувальників в проектованій ГВС:

$$F_{\text{н}} = 3 * 10 = 30 \text{ (м}^2\text{)}$$

2.2.3. Проектування секції обслуговування інструментів робочих місць (ІРК)

Ділянка зберігання і комплектування інструментів

На ділянці зберігання і комплектування інструментів здійснюються такі роботи: отримання інструменту і технічної документації до нього; підтримка оборотного фонду в межах від мінімального до максимального; підбір ріжучих, допоміжних, вимірювальних інструментів; доставка підібраних інструментів в секцію складання та налаштування [1].

Комплекс робіт з підготовки комплектів інструменту видається ЕОМ системі інструментального забезпечення, що працює у взаємозв'язку з АСУ ТПВ.

Всі інструменти, розміщуються в роботизованих складських комплексах, до складу яких входять: секційний стелаж, як правило, безполичного типу, автоматичний стелажний складський робот з рухомою кареткою і перевантажувальний пристрій для прийому і видачі тари [6].

Інструменти зберігаються в уніфікованих касетах, сумісних з інструментальними системами верстатів, де вони розташовуються в визначеному виробником порядку. Для кожної групи інструментів виділяється певна кількість комірок.

Таким чином, місячний оборот одиниць тари для зберігання інструменту:

$$Z_{\text{т}} = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^3 H_{ij} / n_{\text{к}}, \quad (2.12)$$

де $n_{\text{к}}$ – кількість одиниць однакового інструменту в одній касеті.

Площа, яку займає автоматизований склад, F_{B1} визначається габаритними розмірами прийнятої моделі і виконання комплексу:

$$F_{i1} = BL, \quad (2.13)$$

де B – ширина комплексу, м;

L – довжина комплексу, м.

Площа складу, в якому зберігається оперативний добовий запас інструментів F_{i2} , можна визначити за такою формулою:

$$F_{i2} = N_B K_3 f_1, \quad (2.14)$$

де N_B – число верстатів в верстатному комплексі ГВС;

K_3 – коефіцієнт, що враховує зберігання інструментів на висотних стелажах;

f_1 – питома площа зберігання інструментів, яка припадає на один верстат. У розрахунках можна приймати $f_1 = 0,7 \dots 2,2 \text{ м}^2/\text{верстат}$.

Таким чином, загальна площа ділянки зберігання і комплектування інструментів становить:

$$F_i = F_{i1} + F_{i2} + F_{i3}, \quad (2.15)$$

де F_{i1} – площа автоматизованого складу для зберігання місячного оборотного фонду інструменту, м^2 ;

F_{i2} – площа стелажів з оперативним добовим доробком інструменту, м^2 ;

F_{i3} – площа для зберігання технічної документації, м^2 . Для автоматизованих систем $F_{i3} = 0$.

Площа автоматизованого складу інструменту проектової ГВС обрана за нормативними документами: $F_{i1} = 39,1 \text{ м}^2$.

Площа зберігання добового запасу інструментів проектової ГВС:

$$F_{i2} = 7 * 1 * 0,7 = 4,9 \text{ м}^2$$

Загальна площа ділянки зберігання і комплектування інструментів для проектової ГВС становить:

$$F_i = 39,1 + 4,9 + 0 = 44 (\text{м}^2)$$

Ділянка доставки інструментів до робочих місць

На ділянку доставки інструментів до робочих місць інструмент надходить з секції складання і налаштування, де слюсар-комплектувальник повинен доповнити їх вимірювальним інструментом і в тарі на ручних візках доставляє до працюючих верстатів комплексу.

Число транспортних робітників при технічному проектуванні може бути визначено за формулою [22]:

$$P_t = 0,06 N_B, \quad (2.16)$$

а число візків для доставки:

$$N_t = K_t N_B, \quad (2.17)$$

де K_t – коефіцієнт що враховує кількість потрібного інструменту у верстатах;

$K_t = 0,4$ для токарних верстатів з ЧПК;

$K_t = 0,12$ для багатоцільових верстатів з магазином до 20 інструментів і $K_t = 0,6$ для багатоцільових верстатів з магазином понад 20 інструментів.

Для спрощення компоновки та комплексного розміщення комунікацій було вирішено доставку інструментів до робочих місць виконувати за допомогою конвеєрної стрічки, однак для можливості заміни конвеєрних стрічок на робокари число візків для проектованої ГВС:

$$N_t = 0,4 * 8 = 3,2 \rightarrow 4$$

Ділянка розбирання відпрацьованого інструменту

На ділянці розбирання відпрацьованого інструменту здійснюють розбирання відпрацьованого інструменту, замінюючи при цьому затуплені пластини в інструментах з механічним кріпленням, і сортування інструменту по мірі його подальшої придатності (відновлення заточкою, контроль налаштовуваних розмірів, ремонт, відбракування тощо) [6].

Ці роботи виконує слюсар-інструментальник і слюсар-комплектувальник. Число слюсарів-інструментальників для розбирання інструментів P_p приймається рівним 40% від числа P_H (2.10) слюсарів-налаштувальників інструменту, а число

слюсарів-комплектувальників P_k приймається рівним 50% від числа слюсарів-налаштувальників. Площа, яка припадає на одного слюсаря-інструментальника з розбирання інструменту, становить $F_1 = 5 \text{ м}^2$ на одну людину, площа для слюсаря-комплектувальника $F_2 = 7 \text{ м}^2$ на одну людину [22].

Таким чином, загальна площа ділянки розбирання відпрацьованого інструменту складе:

$$F_p = P_p F_1 + P_k F_2, \quad (2.18)$$

Підсумувавши площі секції складання і налаштування інструментів F_n (2.11) і площі ділянок F_i (2.15) і F_p (2.18) секції обслуговування інструментом робочих місць, отримаємо площу, займану ділянкою інструментальної підготовки $F_{i.п}$, тобто

$$F_{i.п} = F_n + F_i + F_p, \quad (2.19)$$

де F_n – площа секції складання і налаштування інструменту;

F_i – площа ділянки зберігання інструменту і секції обслуговування інструментом робочих місць;

F_p – площа ділянки розбирання відпрацьованого інструменту секції обслуговування інструментом робочих місць.

Загальна площа ділянки розбирання відпрацьованого інструменту проектованої ГВС:

$$F_p = 2 * 5 + 2 * 7 = 24 \text{ м}^2$$

Площа ділянки інструментальної підготовки проектованої ГВС:

$$F_{i.п} = 30 + 44 + 24 = 98 \text{ (м}^2\text{)}$$

Склад обладнання і планування ділянки інструментальної підготовки ГВС

Склад обладнання інструментального забезпечення в сукупності з технічними можливостями автоматизованих складських комплексів дозволяє створювати на базі їх комбінацій компоновальні побудови ділянок інструментальної підготовки виробництва практично для будь-якої ГВС.

2.3. Розрахунок і комплектування автоматичної транспортно-складської системи (АТСС)

При побудові АТСС можна виділити два варіанти: з суміщеною і роздільною транспортної та складської підсистемами.

Транспортування вантажу, в залежності від його виду, габаритів і ваги, може здійснюватися рейковими візками, робокарами в схемах компоновок лінійного типу; підвісним вантажонесучим конвеєром, візками по монорельсовій дорозі, конвеєрним підвісним маніпулятором, підвісним штовхаючим конвеєром та іншими засобами в схемах компоновок ТНС замкнутого типу. Налічується понад 20 можливих конпонувальних схем, автоматичних складів з транспортними системами [2]. Вся їх різноманітність може бути зведене до чотирьох типів:

Тип 1 - АТСС з краном-штабелером і суміщеними підсистемами зберігання і транспортування;

Тип 2 - АТСС з рейковим транспортом і роздільними підсистемами зберігання і транспортування;

Тип 3 - АТСС з робокаром і роздільними підсистемами зберігання і транспортування;

Тип 4 - АТСС з конвеєрами, причому підсистеми зберігання і транспортування можуть існувати як в суміщеному, так і роздільному варіантах.

Поєднані конпонування АТСС відносять до числа найбільш раціональних, оскільки в цьому випадку склад максимально наближений до технологічного устаткування (верстатів) і транспортні зв'язки в ГВС найбільш прості. Крани-штабелери в цьому випадку виконують не тільки функції зберігання, а й розподіляють у верстатному комплексі просування заготовок згідно з технологічним маршрутом їх обробки з поверненням готових деталей в склад або зберігання в приверстатній тарі [1].

Приймально-передавальні пристрої заготовок можуть бути як стаціонарними, що входять в приверстатне обладнання, наприклад, у вигляді тактових столів в комплексі з промисловим роботом, так і вбудованими в самі верстати.

З цих пристроїв перевантажувальні роботи безпосередньо передають заготовки і встановлюють на верстати, забирають і встановлюють в накопичувач для перевантаження готові деталі. В результаті істотно спрощується рішення багатофункціонального завдання взаємодії складської системи з верстатним комплексом ГВС.

Безполичні стелажі мають конструкцію напрямних, відповідну застосовуваній тарі, а в стелажах каркасного типу в кожній комірці на полиці може бути розміщено декілька тар або окремі великогабаритні вантажі.

Після вибору складу обладнання та схеми компонування АТСС приступають до визначення основних характеристик транспортно-складської системи ГВС: розрахунку місткості складу і його параметрів, визначення числа транспортних засобів, розробці уточненого компонування і планування обладнання складу.

2.3.1. Розрахунок основних параметрів складської системи

Вибір норми запасу зберігання та розрахунок місткості складу

Норму запасу зберігання t_i в днях визначають по кожній групі заготовок. Визначивши норму запасу зберігання t_i , розраховують запас зберігання відповідної групи вантажів Q_i (т) за формулою:

$$Q_i = \frac{M_i t_i}{365}, \quad (2.20)$$

де M_i – річне надходження вантажу відповідного найменування (штамповок, поковок, виливків тощо), т;

t_i – норма запасу зберігання, дні.

Далі визначають необхідну кількість одиниць тари (піддонів) і z_T для розміщення необхідного запасу для кожної групи заготовок або деталей:

$$z_{Ti} = \frac{Q_i}{C_{Ti}}, \quad (2.21)$$

де C_{Ti} – середня місткість тари обраного типу, т.

В свою чергу

$$C_{Ti} = g_{i_{max}} K_{Ti}, \quad (2.22)$$

де $g_{i_{max}}$ – максимальна вантажопідйомність обраного типу тари, т;

K_{Ti} – коефіцієнт, що враховує щільність укладання вантажу в тарі. Залежно від форми і матеріалу вантажу і $K_T = 0,2 \dots 0,85$.

Якщо відома маса одиничного вантажу (заготовки) m_i , то можна визначити кількість n_i розміщуваних вантажів в тарі, як

$$n_i = \frac{g_{i_{max}} K_{Ti}}{m_i}, \quad (2.23)$$

Загальна місткість складу визначається числом потрібних комірок $n_{\text{комірок}}$ для зберігання сумарного запасу вантажів $\Sigma = z$ з урахуванням 10-15% -вого запасу вільних осередків, тобто

$$n_{\text{комірок}} = (1,1 \dots 1,15) \sum_{i=1}^K C_{Ti}, \quad (2.24)$$

де K – число груп заготовок, що зберігаються на складі, для виконання виробничої програми виходячи з обраної норми запасу.

Для ГВС токарної обробки, яка виконує обробку деталей партіями, які надходять до верстатів в уніфікованій тарі, число комірок автоматизованого складу деталей визначається числом партій запуску деталей різного найменування (деталей-установок) $K_{\text{найм}}$ протягом місяця, що розраховується за формулою:

$$K_{\text{найм}} = \frac{60 \Phi_d N_{\text{верст}}}{t_{\text{ср}} n_m}, \quad (2.25)$$

де Φ_d – місячний фонд часу роботи верстата, год. При двозмінній роботі ГВС $\Phi_d = 305$ год, при тризмінній – $\Phi_d = 381$ год;

$N_{\text{верст}}$ – число верстатів в верстатному комплексі;

$t_{\text{ср}}$ – середня верстатоемність обробки деталі-представника, хв;

n_m – місячний обсяг випуску деталі-представника (величина партії), шт.

$$t_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n T_{\text{оп}i} / n, \quad (2.26)$$

де $T_{\text{оп}i}$ – верстатоемність (оперативний час) обробки деталі на i -ї операції, хв;

n – число операцій технологічного процесу обробки деталі-представника на верстатах ГВС.

З урахуванням 10-15%-вого запасу вільних комірок місткість автоматизованого складу $n_{\text{комірок}}$ складе

$$n_{\text{комірок}} = (1,1 \dots 1,15) K_{\text{найм}}, \quad (2.27)$$

Середня верстатоемність обробки деталі-представника для проектованої ГВС:

$$t_{\text{ср}} = 23,83/4 = 5,96 \text{ (хв)}$$

Число партій запуску запуску деталі-представника для проектованої ГВС:

$$K_{\text{найм}} = \frac{60 * 305 * 8}{5,96 * 1000} = 24,98 \rightarrow 25$$

Місткість автоматизованого складу для проектованої ГВС:

$$n_{\text{комірок}} = 1,1 * 25 = 27,5 \rightarrow 28$$

2.3.2. Розрахунок параметрів і вибір типу складу

Основні розрахункові параметри при проектуванні автоматизованого складу наступні: геометричні розміри комірок, число ярусів по висоті, висота підйому грузозахвату маніпулятора, площа яку вони займають [6].

Висоту ярусу стелажа $C_{\text{я}}$ можна визначити, знаючи висоту вантажу (тари) C , висоту ніжок піддону Δ і зазор e між верхом вантажу (тари) і низом вищого ярусу, тобто

$$C_{\text{я}} = C + \Delta + e, \quad (2.28)$$

Параметри ящичних металевих піддонів C , e стандартизовані і вибираються в залежності від габаритів і маси вантажів, що транспортуються. Величину Δ приймають не менше 0,11 м. Величину e приймають рівною 0,06...0,1 м для безполічних і 0,11...0,12 м для каркасних стелажів.

Число ярусів Z по висоті розраховують за формулою

$$Z = \left(\frac{H_x - h_{\text{н}} - h_{\text{в}}}{C_{\text{я}}} \right) + 1, \quad (2.29)$$

де H_x – висота прольоту будівлі до нижньої опори балки перекриття. Висоту типових прольотів можна приймати з ряду $H_x = 6,0; 7,2$ і $8,4$ м ;

$h_{\text{н}}$ – висота над підлоги нижнього ярусу, складова в стелажах не менше 0,45 м;

h_b – допустима відстань по висоті від верху крана-штабелера до опори елементів балки перекриття. Приймається для стелажних кранів-штабелерів $h_b = 1,5$ м.

Число рядів (секцій) в зоні зберігання

$$Y = \frac{n_{\text{комірок}}}{a S Z}, \quad (2.30)$$

де $n_{\text{комірок}}$ – розрахункова місткість складу (число комірок);

a – довжина піддону (вантажу), м;

S – кількість тари (вантажу), що розміщується по довжині піддону;

Z – число ярусів Z по висоті.

Довжина стелажа:

$$L_{\text{ст}} = Y A, \quad (2.31)$$

де A – довжина стелажа, м.

$$A = a + 2\lambda + x, \quad (2.32)$$

де λ – зазори між вантажними одиницями і стійкою стелажа ($\lambda = 0,03 \dots 0,05$ м);

x – товщина стійок стелажа ($x = 0,1 \dots 0,12$ м).

При визначенні площі зони зберігання $S_{\text{ск}}$ враховують ширину стелажа $B_{\text{ст}}$ і ширину поздовжнього проїзду $B_{\text{пр}}$ для штабелюючої машини.

$$B_{\text{ст}} = B + \lambda_1, \quad (2.33)$$

де B – ширина вантажної складської одиниці (тари), яка встановлюється вглиб стелажа, м;

λ_1 – зазори між вантажем і краєм стелажа ($\lambda_1 = 0,05 \dots 0,1$ м).

Ширину проїзду $B_{\text{пр}}$ для стелажних кранів-штабелерів можна приймати на рівні $B_{\text{пр}} = B + 0,2$ м.

Таким чином, площа зони зберігання, яку займає автоматизований склад, складе

$$S_{\text{ск}} = (B_{\text{ст}} + B_{\text{пр}})L_{\text{ст}}, \quad (2.34)$$

Вибір штабелюючого обладнання проводять з урахуванням величини робочого ходу по висоті D_h стелажних маніпуляторів

$$D_h = H_x - h_n - h_b, \quad (2.35)$$

де H_x – висота прольоту, м;

h_n – висота над підлогою нижнього ярусу стелажа ($h_n = 0,45 \dots 0,65$ м);

h_b – допустима норма запасу по висоті, складова для стелажних маніпуляторів $h_b = 1,5$ м.

Висота ярусу стелажа проекрованої ГВС:

$$C_{\text{я}} = 0,04 + 0,12 + 0,1 = 0,26 \text{ (м)}$$

Число ярусів по висоті проекрованої ГВС:

$$Z = \left(\frac{6 - 0,5 - 1,5}{0,26} \right) + 1 = 16$$

Число секцій зони зберігання для проекрованої ГВС:

$$Y = \frac{28}{0,04 * 2 * 16} = 21,9 \rightarrow 22$$

Довжина стелажа проекрованої ГВС з формул (2.31) і (2.32):

$$L_{\text{ст}} = 17 * (0,14 + 2 * 0,05 + 0,12) = 6,12 \text{ (м)}$$

Площа зони автоматизованого складу проекрованої ГВС з формул (2.33), (2.34) і згадуваних в нормальних розмірів:

$$S_{\text{ск}} = (2 * 0,3 + 0,05 + 0,2) * 6,12 = 5,2 \text{ (м}^2\text{)}$$

Величини робочого ходу по висоті для проекрованої ГВС:

$$D_h = 6 - 0,5 - 1,5 = 4 \text{ (м)}$$

При лінійному компонуванні АТСС з однорядним розташуванням складу можна успішно застосовувати типові конструкції автоматизованих складських комплексів з стелажними маніпуляторами [10].

2.3.3. Розрахунок кількості транспортних пристроїв і їх завантаження

Кількість транспортних пристроїв періодичної дії: штабелерів, електрозавантажувачів, робочарів - для виконання операцій на складах визначають за формулою:

$$N_{шт} = \frac{T_{с\sum} K_H}{\Phi_d K_{вик}}, \quad (2.36)$$

де $T_{с\sum}$ – сумарний час роботи штабелера для переміщення місячного обсягу заготівель, год;

Φ_d – місячний фонд часу роботи штабелера. Приймається для роботи в дві зміни $\Phi_d = 305$ год і $\Phi_d = 381$ год – для тризмінної роботи;

K_H – коефіцієнт, що враховує нерівномірність надходження ($K_H = 1,3$) і відпустки ($K_H = 1,5$) вантажів;

$K_{вик}$ – коефіцієнт використання транспортного засобу, що дорівнює 0,8.

Сумарний час транспортних операцій на переміщення місячного обсягу вантажу транспортом даного виду:

$$T_{с\sum} = \frac{T_{ц} \sum_{i=1}^m Z_{Ti} K_{T,0}}{60 Z_T^I}, \quad (2.37)$$

де $T_{ц}$ – середня тривалість одного транспортного циклу, хв;

$\sum_{i=1}^m Z_{Ti}$ – сумарна кількість переміщень транспорту з перевезення вантажу (числа піддонів Z_{Ti} по m видів вантажу) протягом місяця;

$K_{T,0}$ – число транспортних операцій в технологічному процесі виготовлення деталі;

Z_T^I – кількість тари (обсяг вантажу), що переміщуються транспортом за один цикл.

Сумарний час роботи штабелера для переміщення місячного обсягу заготовок (числа піддонів) також можна визначити за формулою розрахунку штабелерів ГВС [11]:

$$T_{с\sum} = (T_{стел-ст} K_{стел-ст} + T_{ст-ст} K_{ст-ст}), \quad (2.38)$$

де $T_{\text{стел-ст}}$ і $T_{\text{ст-ст}}$ – середньостатистичне значення часу одного переміщення штабелера від стелажа складу до верстата і між верстатами, відповідно, хв;

$K_{\text{стел-ст}}$ і $K_{\text{ст-ст}}$ – сумарне значення цих переміщень протягом місяця.

При визначенні числа транспортних операцій слід мати на увазі, що штабелер при одноадресному циклі роботи (склад - верстат - склад) здійснює два переміщення: спочатку до операційного накопичувача верстата, потім назад до складу; при двоадресному циклі (склад - верстат - розвантажувальний майданчик) – одне переміщення [22].

Середня тривалість циклу одного переміщення залежить від швидкості переміщення штабелера, числа секцій і ярусів зберігання, і для 30...50-секційних складів при одноадресному циклі роботи штабелера становить $T_{\text{ц}} = 1,2 \dots 1,6$ хв [3].

Сумарний час транспортних операцій на переміщення місячного обсягу вантажу для проекрованої ГВС:

$$T_{\text{с}\Sigma} = \frac{1,2 * 8000 * 2}{60 * 2} = 160 \text{ (хв)}$$

Кількість транспортних пристроїв періодичної дії для проекрованої ГВС:

$$N_{\text{шт}} = \frac{160 * 1,3}{305 * 0,8} = 0,85 \rightarrow 1$$

Оскільки на проектованій ділянці ГВС планується мати 2 автоматизованих склади (заготовок і готових виробів), то загальна кількість транспортних пристроїв періодичної дії подвоюється.

2.4. Розрахунок числа позицій контролю

У виробництві, як правило, перша деталеустановка, а згодом і кожна n -а проходить контроль. В ГВС це виконується на спеціально обладнаних позиціях контролю. При цьому контроль деталі здійснюється після обробки на кожному з верстатів ГВС. Число деталеустановок n , через яке деталь виводиться на плановий контроль, встановлює технолог. Разом з тим, наладчик, який відповідає за якість оброблюваних деталей, може викликати на контроль будь-яку деталь в проміжку оброблюваних деталей, заданому технологом. Така необхідність виникає,

наприклад, в момент обробки поверхні перший раз після планової установки нового інструменту і після заміни інструменту, який виробив ресурс стійкості [4].

Необхідна кількість позицій контролю $n_{\text{поз.к}}$ в ГВС розраховується за формулою [11]:

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{t_{\text{к}\Sigma} K_{\text{дет.к}}}{\Phi_{\text{поз}} 60}, \quad (2.39)$$

де $t_{\text{к}\Sigma}$ – сумарний час контролю однієї деталеустановки, хв;

$K_{\text{дет.к}}$ – число деталей, що проходять вибірковий контроль протягом місяця;

$\Phi_{\text{поз}}$ – місячний фонд часу роботи позицій контролю, год.

Число деталеустановок, що проходять вибірковий контроль:

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{K_{\text{найм}} N_{\text{м}}}{n}, \quad (2.40)$$

де $n = 5 \dots 8$ деталей – норматив вибіркового контролю.

Сумарний час контролю при токарній обробці однієї деталі $t_{\text{к}\Sigma}$, оброблюваної на верстатному комплексі за три установки (три операції), складається з двох операційних контролів і одного післяопераційного (остаточного) контролю, поєднаного з другою операцією, тобто [2]:

$$t_{\text{к}\Sigma} = t_{\text{м.к}} + t_{\text{м.к}} + t_{\text{о.к}}, \quad (2.41)$$

Час міжопераційного контролю в розрахунках можна приймати рівним $t_{\text{м.к}} = 5$ хв, час остаточного контролю $t_{\text{о.к}} = 8$ хв.

Число деталей вибіркового контролю щомісяця для проектованої ГВС:

$$K_{\text{дет.к}} = \frac{25 * 1000}{8} = 3125$$

Необхідна кількість позицій контролю для проектованої ГВС:

$$n_{\text{поз.к}} = \frac{(5 + 5 + 8) * 3125}{305 * 60} = 3,07 \rightarrow 3$$

Для проектованої ГВС на проміжних та остаточній позиціях контролю необхідно визначити параметри, що контролюються. Зважаючи на різноманітність методів контролю та необхідну універсальність контролюючого пристрою, доцільним буде встановлення засобів безконтактного контролю.

Для контролю товщини заготовки та для контролю її якості може бути використаний безконтактний ультразвуковий метод [23-28].

2.5. Проектування плану розміщення обладнання на ділянці

Розробка планування розміщення обладнання і робочих місць є заключним етапом організаційного проектування виробничих систем. Під плануванням розуміють взаємне розташування технологічного та допоміжного обладнання та інших виробничих засобів та пристроїв на площах ділянки [4].

При плануванні обладнання на ділянці слід дотримуватись норм відстаней між обладнанням, елементами конструкції, ширини проходу та проїзду (табл. 2.1). При всіх видах розташування верстатів робочі місця бажано розміщувати зі сторони проходу, що полегшує обслуговування робочих місць.

Таблиця 2.1 Норми відстаней між верстатами і конструкціями цеху для верстатів середніх розмірів (до 4000x2000) [4].

Відстань	Мінімальне значення відстані, мм
Між верстатами по фронту	900
Між верстатами при розташуванні їх у тильними сторонами один до одного	800
Від стіни (або виступаючої конструкції будівлі) до:	
Тильної сторони верстату	800
Бокової сторони верстату	800
Фронту верстату	900
Від колони до:	
Тильної сторони верстату	800
Бокової сторони верстату	800
Фронту верстату	900

Продовження таблиці 2.1

Відстань	Мінімальне значення відстані, мм
При поперечному розміщенні тил в тил:	
Верстати	1500
Фронтом один до одного	1500
Ширина магістральних проїздів для робочарів:	
Ширина проїзду	3000
Відстань між верстатами	3500

Основними принципами, які повинні дотримуватися при плануванні ділянки механічного цеху є:

- забезпечення прямоочності руху деталей в процесі їх обробки по ходу технологічного процесу;
- встановлення мінімальних відстаней між верстатами, а також між верстатами та елементами будівель, що забезпечують безпечні умови роботи відповідно до норм технологічного проектування (табл. 2).

Попередньо наносять сітку колон з кроком 12 метрів при виробництві великогабаритних виробів і з кроком колон 6 метрів при виробництві середніх і дрібних деталей. Габаритні розміри колон 500 × 500 мм.

Для полегшення роботи на плануванні використовують габаритні шаблони верстатів, транспортних засобів та інших пристроїв. При цьому необхідно витримувати відстані між верстатами і пристроями для транспортування деталей і збирання стружки [4].

В першу чергу на плані вказуються магістральні проїзди, які обмежують довжину ділянки. Довжина ділянки повинна бути кратна кроку колони. Все обладнання на ділянці нумерується наскрізною нумерацією в напрямку вантажопотоків [1].

На план повинні бути нанесені основні розміри: довжина, ширина ділянки, ширина проїздів і проходів. Для наочності перевірки прямоочності необхідно показати шляхи руху деталей.

На плануванні слід показати [4]:

- розміщення колон;
- розміщення обладнання (робочих місць), дотримуючись норм проектування;
- транспортні засоби;
- робочі місця обслуговуючого персоналу – майстрів, контролерів тощо;
- майданчики, проїзди, проходи тощо.

При розміщенні обладнання треба врахувати [4]:

- при різних розмірах верстатів, що стоять поруч, відстань між ними береться найбільшою з тих, що рекомендується для цих верстатів;
- при розміщенні верстатів на фундаменті відстань між ними береться із врахуванням розмірів фундаментів;
- норми площі для розміщення деталей біля верстатів, чи пристосувань для транспортування деталей між верстатами, не обчислюють.

На ділянках, оснащених робототехнічними комплексами (РТК) і верстатами з ЧПК, рекомендується розміщувати їх за групами, що скорочує витрати на автоматизацію їх обслуговування. На плануванні повинні бути вказані всі їх виносні вузли. Наприклад, в їх транспортні системи можуть входити: роботи для установки деталей на верстати, їх розвантаження та транспортування, автоматичні роботи-маніпулятори, стелажі-накопичувачі напівфабрикатів, транспортери тощо [1].

Тому на плануванні може застосовуватися кругове розташування верстатів, при якому один робот обслуговує кілька (до 5) верстатів, або лінійне розташування верстатів. В останньому випадку робот переміщується вздовж фронту верстатів по напрямних.

Лінійна компоновка верстатів має ряд переваг [4]:

- за однакових умов у разі лінійного компонування виробнича площа, яку займає робототехнічний комплекс, в 1,3-1,4 рази менше, ніж в разі кругової;

- лінійна компоновка забезпечує відкриту зону спостереження за роботою верстата, а при круговому компонуванні потрібна зупинка всього РТК.

Проектована нами гнучка автоматизована ділянка укомплектована роботизованими комплексами і верстатами з ЧПК, на яких зміну інструменту здійснюють роботи, а в якості транспортних засобів на ділянці застосовуються робокари для завантаження-розвантаження деталей, і конвеєрні лінії для міжверстатного транспортування і доставки готових деталей на склад.

За визначеними параметрами був спроектована схема розміщення обладнання ділянки механічної обробки ГВС (див. ДП.ПБ61.08.1702.004) та загальний план ділянки виготовлення кришки пневмoeлемента (див. ДП.ПБ61.08.1702.005).

2.6. Створення моделі виробництва

AutoCAD Factory Design Utilities містить засоби розробки і оптимізоване середовище для створення компоновок. 2D-планування та Factory2D-компоновки – це модель приміщення ділянки, складу тощо. Розмір і складність можуть варіюватися від одного виробничого модуля до цілого заводу. Можна перевірити наявність перетинів чи спланувати підключення окремих елементів обладнання до електромережі, інформаційних каналів, мережі подачі стисненого повітря та інших ресурсів [29].

Можна створити планування як окремих фрагментів обладнання, так і розробити шляхи маршрутизації для кожного продукту. Встановлені додаткові пакети розширень використовуються при аналізі компоновок, формуванні звітів і автоматичному заповненні компоновок Factory 3D-компонентами в Inventor Factory. Робочі процеси обміну даними між програмами AutoCAD Factory дозволяють створювати асоціативний зв'язок між 2D-креслення AutoCAD і 3D-компонентами в Inventor Factory і Navisworks Factory. Вбудована бібліотека компонентів містить моделі стандартних компонентів Factory (конвеєри, повітроводи, стіни тощо). Також можна використовувати файли деталей і зборок Inventor або імпортовані моделі [29].

Компонування Factory Design можна змінювати за допомогою API (інтерфейс прикладного програмування). Вбудований в САПР API Factory Design забезпечує програмний доступ до компонування Factory Design і можливість здійснення операцій з ними. API Factory Design дозволяє інтегрувати компонування Factory з іншими комп'ютерними системами. Наприклад, якщо є призначений для користувача інструмент, який використовується для аналізу процесу та автоматизації виробництва продукту, результат роботи даного інструменту можна застосовувати для програмної зміни розташування компонентів в компонуванні Factory Design [29].

За допомогою початкових навчальних посібників можна ознайомитися з деякими розширеними можливостями компоновки та ефективними робочими процесами, доступними в Factory Design Utilities [30].

В результаті роботи з елементами пакету AutoCAD Factory Design Utilities, спроектовану раніше схему ділянки ГВС (див. ДП.ПБ61.08.1702.005) було перетворено в інтерактивну модель (рис. 3.1).

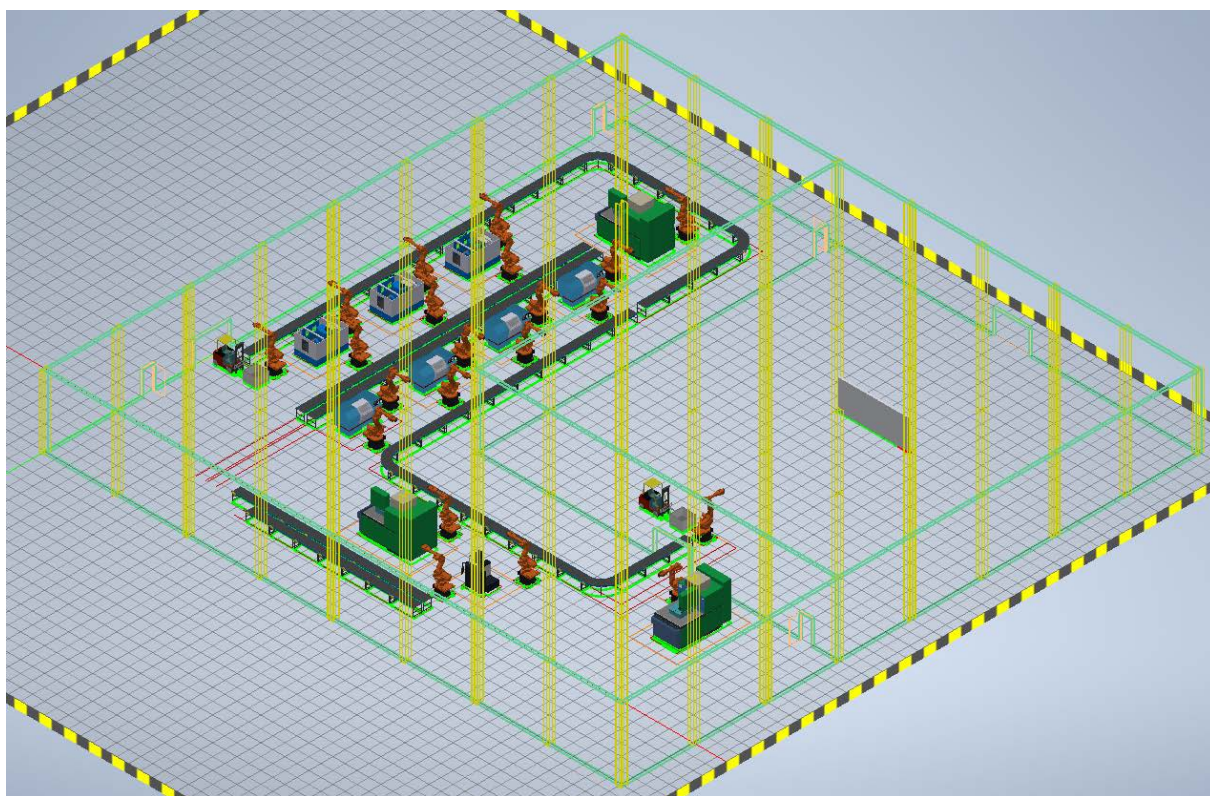


Рис. 3.1 Інтерактивна модель ділянки ГВС

Верстати та маніпулятори об'єднано в виробничі станції (рис. 3.2) для можливості подальшого налаштування їх виробничих параметрів (рис. 3.3).

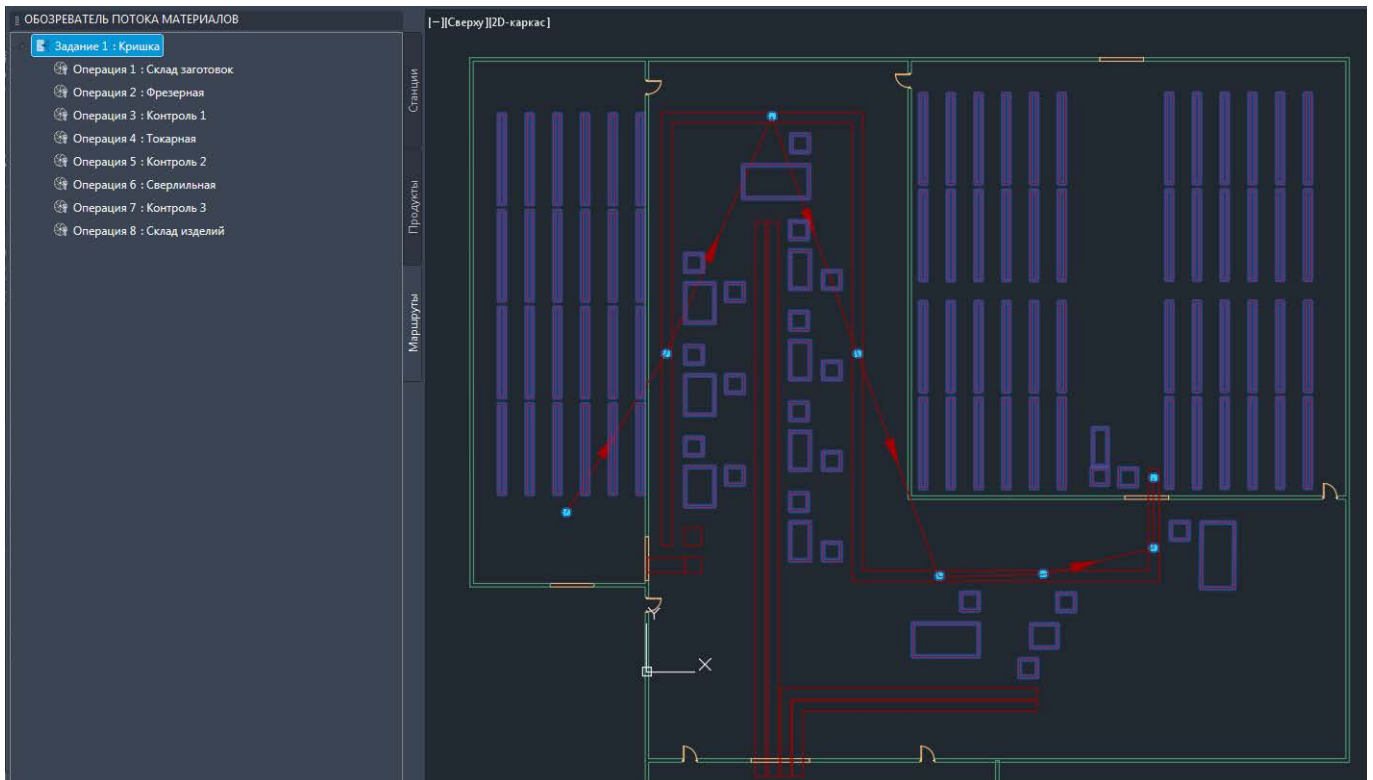


Рис. 3.2 Виробничі станції інтерактивної моделі

СВОЙСТВА FACTORY	
Общие	
Имя	Токарная
Идентификатор	
Свойства	
Стоимость настройки (/минута)	10
Стоимость обработки (/минута)	10
Процент продуктивной работы	88
Энергоемкость (кВт)	10

Рис. 3.3 Параметры производственных станций модели

Налаштування параметрів переміщення деталей між виробничими станціями (рис. 3.4) разом з раніше виконаними діями дозволяє проводити розрахунки затрат на виробництво та оптимізацію виробничих процесів.

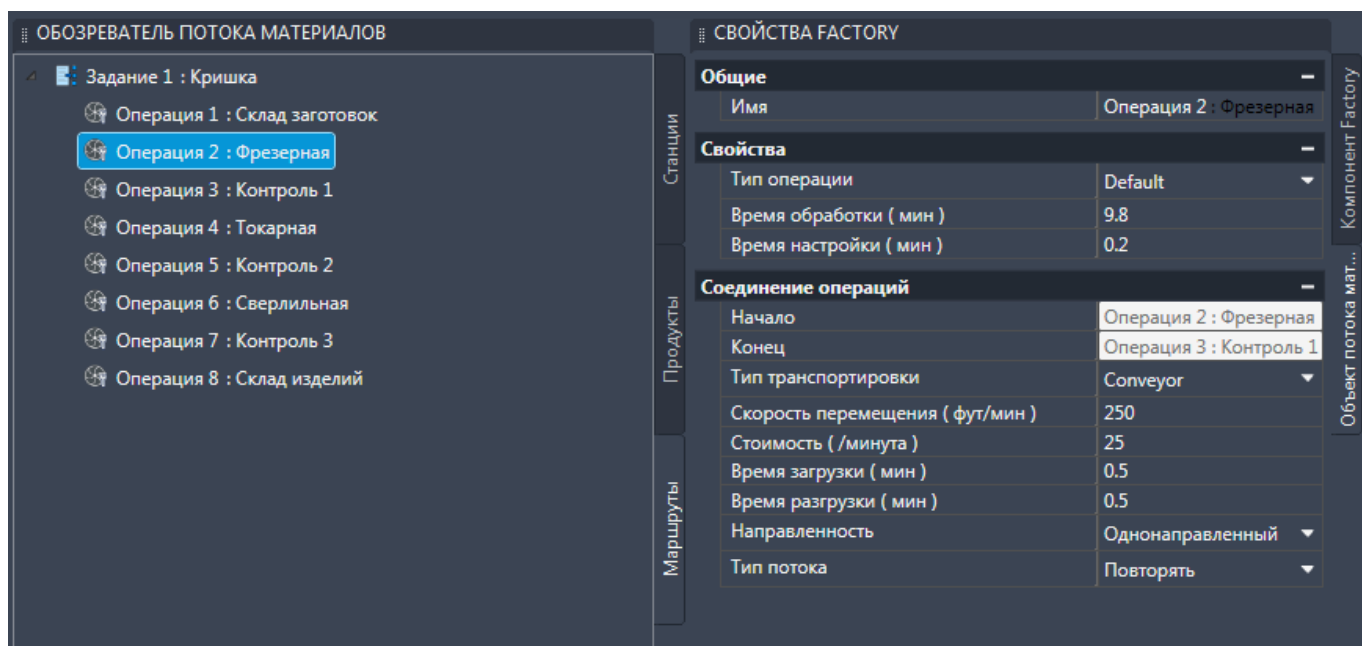


Рис. 3.4 Налаштування переміщень між станціями

Програмне забезпечення Process Analysis входить до складу рішення Autodesk на основі технології цифрових прототипів. Це веб-інструмент, який допомагає інженерам і проектувальникам при моделюванні, аналізі та оптимізації виробничих процесів. В Process Analysis користувач отримує можливість виявляти проблеми на етапі планування і аж до створення компонування, що підвищує ефективність.

За допомогою Process Analysis було задано розраховані раніше параметри ТП (рис. 3.5) та отримано модель потоку матеріалів на спроектованій ділянці (рис. 3.6).

Результати моделювання за допомогою Process Analysis наведені в додатку Г.

Нажаль програмний пакет Factory Design Utilities не має більш просунутих можливостей до розрахунків оптимальності виробничих процесів, компоновок чи їх симуляцій. За результатами роботи Factory Design Utilities може бути визнаний таким, що не підходить для таких завдань, тож рекомендується користуватися пакетами інших виробників для даних задач.

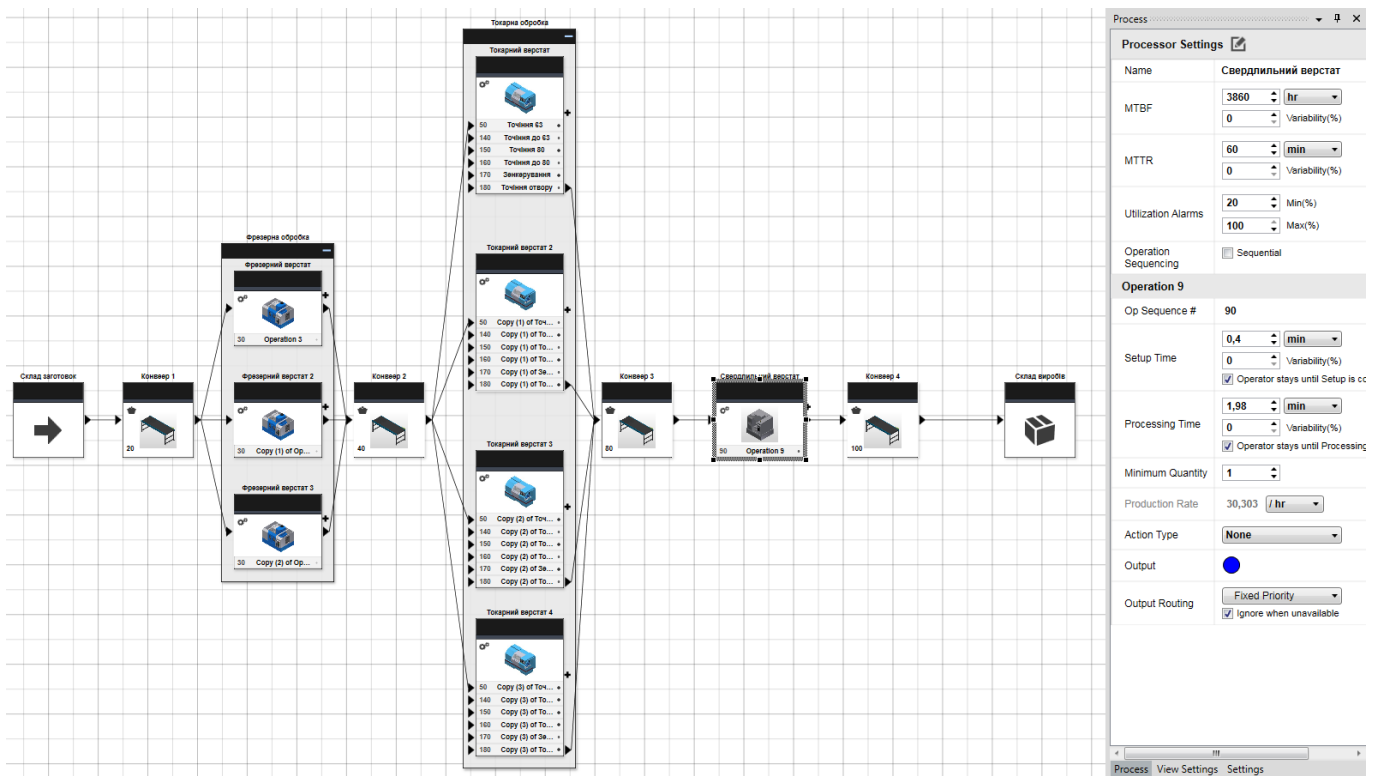


Рис. 3.5 Параметры элементов потока материалов

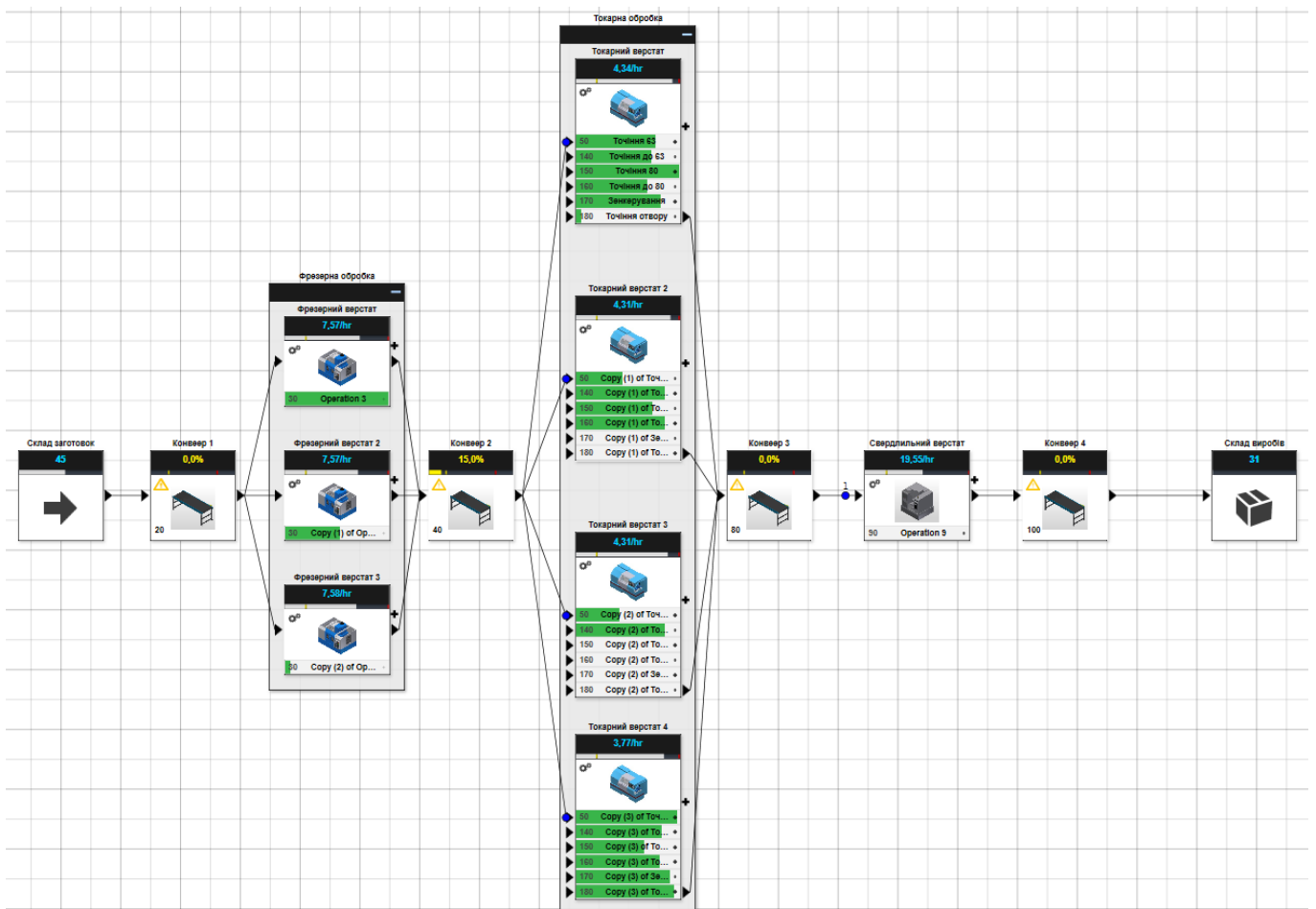


Рис. 3.6 Симуляция потока материалов

2.7. Системи автоматизованого управління виробництвом (АСУ В)

У ГВС поряд з матеріальними і енергетичними потоками виникають значні інформаційні потоки, що визначають функціонування системи. Формування та управління інформаційними потоками здійснюється за допомогою БД, що є частиною єдиного банку даних підприємства [21].

Для ефективного функціонування ГВС необхідні розробка, виготовлення та впровадження системи організаційно-економічного управління ГВС на старшому рівні ієрархії, процедур організації виробництва, що здійснюють планування, управління і регулювання ходом виробництва, транспортної та складської систем, системи організації праці.

Потік даних між АСУ ГВС і промисловими роботами забезпечує управління їх спільною роботою, як між собою, так і з технологічним обладнанням. Зв'язок АСУ ГВС з АТСС і допоміжним обладнанням здійснюється з метою управління різними матеріальними потоками в ГВС (наприклад, транспортування заготовок, відведення стружки із зони різання тощо). Комплекс завдань АСУ ГВС повинен охоплювати весь процес розробки виробів і технологічної підготовки виробництва функціонування ГВС при виготовленні [21].

Комплексна автоматизація ГВС досягається шляхом впровадження широкономенклатурних, швидко переналагоджуваних, програмно керованих гнучких автоматизованих модулів з ЧПК або безпосередньо керованих від вбудованих або центральних ЕОМ, які інтегровані з промисловими роботами і маніпуляторами, універсальними автоматизованими транспортними системами, автоматизованими складами, а також багаторівневими інтегрованими АСУ [20].

Автоматизація передбачає передачу ЕОМ функцій безпосереднього управління ходом проектування, узгодження рішення, що формується, з показниками ефективності об'єкту. Проведення внутрішньомашинного узгодження можливе лише за наявності в пам'яті ЕОМ комплексу моделей проєктованих об'єктів та організації електронної бази даних (БД) [9].

До складу дискретної технологічної системи можуть входити організаційна, виконавча і інформаційно-керуюча системи, що забезпечують виконання виробничої програми (за кількістю та номенклатурою) відповідно до заданого критерію якості.

Організаційна система (ОС) – це сукупність засобів і методів, що визначають цілі і критерії функціонування ГВС і забезпечують його роботу в різних ситуаціях. Ця система забезпечує взаємодію ГВС з АСУ В, автоматизованою системою наукових досліджень, САПР, автоматизованою системою технологічної підготовки виробництва (АСУ ТПВ) і службами виробництва – відділом головного механіка, матеріально-технічним складом, центральним інструментальним складом (ЦІС) [1].

Виконавча система (ІС) забезпечує виконання всіх необхідних операцій маршрутно-технологічних процесів і складається із сукупності всіх видів виробничих компонентів, гнучких модулів і макромодулів (декілька інтегрованих одиниць обладнання, наприклад, верстат – робот – пристрій контролю). Модулі ГВС – це технологічне обладнання з ЧПК: програмовані автомати, верстати, автооператори, контрольно-вимірювальні пристрої тощо [21].

Інформаційно-управляюча система призначена для забезпечення взаємодії елементів (систем, служб тощо) ГВС між собою відповідно до заданих маршрутів та технологічних процесів в різних виробничих ситуаціях при виконанні плану.

Автоматизовані системи забезпечують ГВС технологічною інформацією і керуючими програмами для всіх елементів виконавчої системи.

При управлінні взаємодією обладнання ГВС за допомогою ЕОМ можуть вирішуватися такі завдання [21]:

- синтаксичний і семантичний аналіз та переклад командних операторів технологічної мови управління елементів ГВС в послідовність макрокоманд управління обладнанням;
- передача інформації про нормальне або аварійне завершення виконання макрокоманд і операцій;

- обробка переривань за нормального або аварійного завершення виконання мікрокоманд і операцій;
- аналіз і управління надійністю функціонування елементів ГВС;
- контроль виконання обладнанням мікрокоманд за допомогою вбудованої системи активного контролю;
- компенсація випадкових збоїв обладнання;
- контроль і компенсація зміни розмірів інструменту і систематичних похибок обладнання (автоматичне підналагоджування верстата), тестування обладнання;
- аварійна зупинка обладнання у разі порушення кордонів робочої зони.

Для роботи перерахованих систем система АСУ ТПВ збирає дані від датчиків, що розташовані на кожній одиниці обладнання ГВС. Засоби вимірювання та контролю, що використовуються в ГВС, повинні об'єднуватися в підсистему метрологічного забезпечення. Переналагоджувані автоматизовані виробничі системи створюються на основі застосування типових автоматичних модулів і автоматизованих технологічних комплексів, які об'єднують кілька модулів.

В цілому переналагоджувані автоматизовані виробництва функціонують під управлінням багаторівневої інтегрованої автоматизованої системи управління.

У складі програмного забезпечення повинні бути обрані сумісні для різних типів ЕОМ операційні системи, адже координація функціонування технологічних здійснюється за рахунок сумісності мікропроцесорів і налаштувань обчислювальних мереж [21].

Візуальний та автоматизований графік виробництва – це простий у використанні та гнучкий інструмент планування виробництва, що є одним із компонентів програмного забезпечення для управління операціями. Він працює як інтерфейс між системами бізнесу та управління та допомагає адаптуватися до швидко мінливих ситуацій у виробництві та до визначення високоякісних графіків виробництва – як вручну, так і/або автоматично [31].

У більшості промислових середовищ рішення планування повинно бути тісно пов'язане з виробничим середовищем - наприклад, з розподіленою системою управління (англ. DCS), системою управління виробництвом (англ. MES) або системою спільного управління виробництвом (англ. CPM) – для автоматичного отримання всіх даних про виробництво та обробки необхідних для планування даних. Підключення до системи планування ресурсів підприємства (англ. ERP) часто є важливим, оскільки виробництво, як правило, запускається за замовленнями клієнтів, введеними через ERP-інтерфейс. ERP-системи також використовуються для закупівель, щоб забезпечити наявність відповідних матеріалів та ресурсів, коли це вимагає план виробництва. Деякі дані можуть змінюватися щохвилини, що підкреслює необхідність постійного контролю, який забезпечує підтримку інформації про виробництво в актуальному стані [31].

Принцип переважно програмного переналаштування виробництва полягає в тому, що основний та допоміжний час технологічного обладнання ГВС при зміні виробів перевизначається шляхом введення нових управляючих програм. Переналаштування обладнання вручну допустиме в мінімальних об'ємах та тільки в випадках очевидної економічної неефективності реалізації програми переналаштування [7].

Забезпечення предметної максимальної замкнутості виробництва на нижчому рівні структури ГВС дозволяє звести до мінімуму затрати на транспорт та переміщення; є необхідною умовою скорочення виробничого циклу за рахунок зменшення часу на відслідковування заготовок та напівфабрикатів на різних стадіях і мінімізації процесів виконання технологічних процесів з операціями транспортування, зберігання та управління. Одночасно досягається зниження кількості операцій при загальному підвищенні гнучкості ГВС, що обумовлює ефективне впровадження бригадних форм організації праці, підвищення відповідальності персоналу за кінцевий результат [32].

АСУ В, як правило, розробляються на замовлення, тобто це унікальні системи, які розроблені та впроваджуються після того, як клієнт уклав контракт з

постачальником. Посилаючись на складність систем, а також повторне використання підкомпонентів, існує різниця між машинобудівною та заводською галузями. Щоб скоротити час створення проекту та зменшити витрати, постачальники систем, як правило, розробляють часткові рішення для АСУ для існуючого обладнання певних виробників. Створені рішення для багаторазового використання зберігаються у БД та використовуються за необхідності у конкретних замовних проектах, зокрема на етапах попереднього проектування системи та детального проектування [33].

АСУ, як передбачається, працюватимуть десятиліттями, перш ніж будуть виведені з експлуатації та утилізовані. Під час роботи вони старіють. Причини старіння – такі фізичні наслідки, як зношування та корозія, що призводить до обмеженого часу життя механічних компонентів. Ці компоненти мають бути замінені через пару років, в тому числі в якості реінжинірингу та модернізації. Крім того, механічні компоненти зазвичай не замінюються ідентичними, оскільки необхідні деталі більше не доступні, та/або замовники віддають перевагу більш сучасним рішенням, наприклад, з кращою енергоефективністю. Те ж саме стосується електричних компонентів, включаючи обладнання для автоматизації, компоненти зв'язку [33].

Проектування вимог загалом включає діяльність з виявлення, документування, перевірки та підтвердження, координації та управління вимогами. Вимоги відіграють вирішальну роль для виробничих установок, оскільки вони описують потреби зацікавлених сторін, а отже, і наміри виробництва, а також вимагають бути конкурентоспроможними та економічними. Відповідно, розробка вимог до виробничого заводу є складовою частиною дизайну виробництва. Для проектування мехатронних систем, таких як виробничі установки, на початку процесу чітко передбачені етапи визначення та документування вимог. Аналогічно, інші загальноприйняті моделі процесу розробки, такі як спіральна модель (для програмно-інтенсивних систем) або модель водоспаду, включають в себе вимоги і

специфікацію як (повторювані) дії під час проектування. Вимоги можна класифікувати як функціональні вимоги, вимоги до якості та зовнішні умови [33].

Функціональні вимоги, як правило, отримують з об'єкту виробництва і вони є мінімальним набором вимог, які повинні бути визначені повністю, що описують проект. Вони посиляються на головну мету і є "необхідними параметрами бажаного рішення". Тому фаза розвитку виробництва часто виконується після фази розвитку продукту і є частиною реалізації продукту.

Вимоги до якості, які також називаються нефункціональними або позафункціональними вимогами, зазвичай більш загальні і включають, серед іншого, вимоги до продуктивності, виражені в ключових показниках ефективності (англ. KPI), вимоги до гнучкості, надійності та доступності, вимоги безпеки та вимоги до технічного обслуговування (ISO / IEC 25010, 2011).

Одним із варіантів розгляду нижчого рівня АСУ можуть бути програмовані логічні контролери (ПЛК). ПЛК – розрахунковий мікроконтролер встановлений на елементарній одиниці обладнання АСУ, що виконує задачі отримання, обробки та передачі інформації від АСУ до обладнання і назад. Також часто із ПЛК використовують системи диспетчерського управління та збору даних (англ. SCADA).

Процес опису рівня організації системи повинен виявити функціональну схему процесу проектування, принципи утворення складових підсистем [32].

Враховуючи сучасні тенденції та стандарти, вимоги до АСУ ТПВ можна висунути лише основні вимоги до взаємодії компонентів (див. ДП.ПБ61.08.1702.006) та додаткові вимоги з відповідності стандартам, для отримання добре спроектованої та сучасної АСУ ТПВ. Основні вимоги до системи АСУ ТПВ наведено в додатку Д. Для наочного зображення принципу роботи, створено алгоритм роботи АСУ ТПВ (див. ДП.ПБ61.08.1702.007).

2.8. Аналіз спроектованої ділянки та її конкурентоздатності

Верстатний комплекс спроектованої ділянки складається з 3фрезерних, 4 токарних та 1 свердлильного верстатів, що забезпечить обробку більшості типових поверхонь. Також на лінії виготовлення присутні 2 позиції контролю: проміжна та кінцева, що дає можливість коригування технологічних процесів та калібрування обладнання при появі відхилень у протестованих виробів. Переміщення та зберігання напівфабрикатів відбувається за допомогою стрічкового конвеєра, що спрощує систему керування переміщеннями та здешевлює проект загалом. Встановлення чи перенесення деталей та обладнання в межах автоматизованої лінії відбувається за допомогою роботів-маніпуляторів. Таке рішення було прийняти через простоту їх програмування та здешевлення використання за рахунок їх поширення та доступності.

Ділянка має окремі склади для зберігання заготовок і готових виробів, куди вироби із/до автоматичної лінії доставляються за допомогою робочарів. Це дозволяє зменшити фактор людської помилки та витрати на обслуговування складу через однаковий маршрут переміщення для різних виробів, дешевшого паливного ресурсу.

Також окремо на ділянці виділена система інструментозабезпечення. Інструментальні касети доставляються до верстатів та назад на відновлення автоматично за допомогою стрічкових конвеєрів. Також забезпечення інструментами верстатів може виконуватися за рахунок робочарів, наприклад, за умови зміни планування через зміну конфігурації ділянки. На ділянці відновлення інструменту працюють слюсарі-інструментальники. Це єдина система спроектована не повністю автоматичною через економічно недоцільну вартість, складність її налаштування та обслуговування.

Комунікації пов'язані з подачею змащувально-охолоджувальних рідин розміщені під одним із двох конвеєрів доставки інструментів. Система відведення відходів виробництва знаходиться під другим конвеєром. Відведення відходів виробництва також може виконуватися за допомогою робочарів за умови зміни планування через зміну конфігурації ділянки.

Зважаючи на наявність у лінії всіх основних систем обробки, конкурентною системою є багатоцільові обробні центри.

Конкурентними перевагами спроектованої ГВС, відносно багатоцільового обробного центру, є:

- Менша вартість встановлення сумісного обладнання та безпосередньо самого обробного центру.
- Менша вартість обслуговування за рахунок дешевшого сумісного обладнання та меншої оплати праці спеціалістів-налаштувальників.
- Гнучкість та масштабованість: якщо оброблювані деталі матимуть якийсь з параметрів більший за допустимі для обробного центру, доведеться змінювати весь арсенал обробних центрів, для ГВС же достатньо змінити верстати тільки для необхідної операції.

Недоліками спроектованої ГВС в порівнянні з багатоцільовими обробними центрами є:

- Складніше дотримання вимог до точності базування через багаторазове перевстановлення деталі.
- Складність встановлення технологічної оснастки для обробки нетипово розміщених конструктивних елементів.
- Більша робоча площа та, відповідно, складніша логістика на ділянці.

За рахунок наявності основних типів верстатів обробки і можливості до часткової заміни чи збільшення їх складу спроектована ГВС може використовуватися для обробки широкої номенклатури виробів.

Висновок до конструкторського розділу

За визначеними вихідними параметрами для проектування ГВС, отриманими у технологічному розділі, розраховано необхідні площі для систем інструментального забезпечення та зберігання, кількість обслуговуючого їх персоналу, оборотні дані ГВС та спроектовано схему розміщення обладнання на ділянці з дотриманням розглянутих норм (див. ДП.ПБ61.08.1702.006).

За допомогою САПР Autodesk Factory Design Utilities створено 3D модель розміщення обладнання на спроектованій ділянці, проведено моделювання логістичних процесів виробництва (див. Додаток Г). Визначено вимоги до АСУ ТПВ (див. Додаток Д).

Проведено аналіз спроектованої ділянки в умовах реальної роботи ГВС.

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті було вирішено питання проектування та створення функціональних 3D-моделей гнучкої виробничої дільниці виготовлення кришок пневматичних механізмів шириною номенклатури в 7 виробів та програмою випуску 10 000 шт. в місяць.

Спроектowana дільниця містить 3 фрезерні, 4 токарні та 1 свердлильний верстати, а також 3 позиції контролю: міжопераційний контроль після фрезерної операції, міжопераційний контроль після токарної операції, та заключний контроль. Спроектowana система забезпечує гнучке та швидке переналагодження, отримання нових результатів розрахунку параметрів елементів дільниці у випадку зміни номенклатури та програми випуску деталей.

В ході роботи були розраховані основні параметри ГВС механообробного комплексу для виготовлення кришки пневматичного механізму: необхідні площі, кількість робітників, автоматичних засобів транспортування. Отримані дані представлені у додатку В. Для цього була спроектована типова деталь і ТП її виготовлення (див. ДП.ПБ61.08.1702.003), та сформульовано основні вимоги до технологічних параметрів системи. Також сформульовані вимоги до елементів ГВС (див. Додаток Г) та виконано моделювання їх взаємодії. Спроектowano креслення типової деталі (див. ДП.ПБ61.08.1702.001) та її заготовки (див. ДП.ПБ61.08.1702.002), схему розміщення обладнання на ділянці згідно маршруту ТП (див. ДП.ПБ61.08.1702.005), сформульовано вимоги до нього (див. Додаток А) та представлена схема взаємодії елементів АСУ ТП (див. ДП.ПБ61.08.1702.006) з вимогами до неї (див. Додаток Д).

За результатами розрахунків створено модель спроектованої ділянки, за допомогою якої проведено моделювання необхідних процесів згідно ТП. Запропонована модель спроектованої ділянки спрощує впровадження сучасної АСУ в технологічні процеси виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Проектирование машиностроительного производства. Технологические решения : учебное пособие / Б.Н. Хватов, А.А. Родина. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 144 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8256-1170-1.
2. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення.
3. ГОСТ 14.004-83. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий.
4. Мурахтанова, Н.М. Организационный проект участка механического цеха : учеб.-метод. пособие по выполнению курсового проекта по дисциплинам «Организационное проектирование производственных систем» и «Управление проектами» / Н.М. Мурахтанова. – Тольятти : ТГУ, 2010 – 48 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В2-х т. С74 Т.1/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.:Машиностроение, 1986. 656с., ил
6. Гибкие производственные системы. Расчет и проектирование : учеб. пособие / Б.Н. Хватов. – Тамбов : Изд-во Тамб.гос. техн. ун-та, 2008. – 112 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0694-3.
7. Manufacturing Applications Of Automation And Robotics. Encyclopædia Britannica Online: web-site. URL: <https://www.britannica.com/technology/automation>
8. Tullio Tolio. Design of Flexible Production Systems: Methodologies and Tools.
URL: https://www.researchgate.net/publication/321609625_Design_of_Flexible_Production_Systems_Methodologies_and_Tools
9. Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов; Учебник для вузов. / Под ред. А.М. Дальского – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.: ил. – (Технология автоматизированного машиностроения). ISBN 5-217-01010-X.
10. Пневмоцилиндры. Пневмопривод : веб-сайт.
URL: <https://pneumoprivod.ru/pneumocylinder.htm>

11. Пневмоцилиндры. Апласт : веб-сайт.
URL: <https://aplast.com.ua/catalog/pnevmotsilindry>
12. ГОСТ 15608-81. Пневмоцилиндры поршневые. Технические условия.
13. ГОСТ 3.1129-93 Единая система технологической документации (ЕСТД). Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции.
14. Когда целесообразно использовать литье алюминия под давлением в отличие от других видов литья металлов? ЛИТИЗ: веб-сайт.
URL: <http://litiz.com.ua/литье-алюминия-под-давлением-в-отличи/>
15. Алюминий и алюминиевые сплавы. Обработка алюминия. Точмех : веб-сайт. URL: <https://tochmeh.ru/info/alum.php>
16. ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия.
17. Даниленко Борис Дмитриевич, Студенников Геннадий Владимирович Особенности обработки резанием алюминиевых сплавов // Вестник Курганского государственного университета. 2010. №1 (17). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-obrabotki-rezaniem-alyuminievyh-splavov>
18. ГОСТ Р 53464-2009 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
19. Fusion 360 Overview. Autodesk : веб-сайт.
URL: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>
20. Організація виробництва: Конспект лекцій. / Горелов Д.О. — Х.: ХНАДУ, 2012. — 544 с.
21. Капитанов Алексей Вячеславович Формирование структуры переналаживаемых производственных систем, требования к основным подсистемам // Инновации. 2016. №8 (214). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-struktury-perenalazhivaemyh-proizvodstvennyh-sistem-trebovaniya-k-osnovnym-podsistemam>
22. Козырев Ю.Г. Гибкие производственные системы. Справочник : справочное издание / Ю.Г. Козырев. — М. : КНОРУС, 2017. — 364 с.

23. Подолян А. А. Формирование магнитного поля с заданными характеристиками в ЭМА преобразователях систем неразрушающего контроля промышленного оборудования // Методы и приборы контроля качества. – 2006. – Вып. 17. – С. 18 – 21.
24. Gregory S Tymchik, Aleksandr A Podolian, Kateryna S Serhiienko, Theoretical Investigations of the Ultrasonic Wave Generation by an Electromagnetic Acoustic Transducer – Research Bulletin of the National Technical University, 2018, Vol.3, pp.84-92, URL: <https://doi.org/10.20535/1810-0546.2018.3.127129>
25. Тымчик Г.С. Анализ электромагнитно-акустического преобразователя с угловым вводом возбуждения ультразвуковой волны / Г.С. Тымчик, А.А. Подолян // Вісник національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут” серія приладобудування. – Київ: Вид-во НТУУ “КПІ”, 2014 – Вип. 47 – с.85-94.
26. Антонюк В.С. Методологія наукових досліджень: навч. посіб./ В.С. Антонюк, Л.Г. Полонський, В.І. Аверченков, Ю.А. Малахов. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 276 с.
27. Остафьев В.А., Антонюк В.С., Тымчик Г.С. Диагностика процесса металлообработки - К.: Тэхніка . 1991. - 152 с.
28. Контроль якості монтажу муфт на магістральний трубопровід: монографія / О.О.Подолян, Г.С.Тимчик. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 204 с., іл.
29. Factory design software to plan, design, and install an efficient factory layout. Autodesk : web-site. URL:<https://www.autodesk.com/products/factory-design-utilities/overview>
30. Учебные пособия по Factory Design. Autodesk : веб-сайт. URL: http://help.autodesk.com/view/FDU/2020/RUS/?guid=FDU_About_Factory_Design_Tutorials_html

31. Visual and automated production scheduling. ABB : web-site.
URL: <https://new.abb.com/cpm/manufacturing-execution-system-mes-mom/operations-managers/visual-and-automated-production-scheduling-in-manufacturing>
32. Сердцева Аксиния Владимировна Развитие автоматизированных систем управления технологическими процессами // Вестник УлГТУ. 2016. №3 (75). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya-tehnologicheskimi-protsessami>
33. Birgit Vogel-Heusera, Alexander Fayb, Ina Schaeferc, Matthias Tichyd. Evolution of software in automated production systems: Challenges and research directions. Journal of Systems and Software. Volume 110, December 2015, Pages 54-84. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121215001818>
34. Кокарева Виктория Валерьевна, Смелов Виталий Геннадьевич, Шитарев Игорь Леонидович Имитационное моделирование производственных процессов в рамках концепции «Бережливого производства» // Вестник СГАУ. 2012. №3-3 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnoe-modelirovanie-proizvodstvennyh-protsessov-v-ramkah-kontseptsii-berezhlivogo-proizvodstva>
35. Крышень Евгений Валерьевич, Лаврус Ольга Евгеньевна Моделирование производственных процессов // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. №4-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-proizvodstvennyh-protsessov>
36. ГОСТ 16518-96. Тиски станочные с ручным и механизированным приводами. Общие технические условия.
37. ГОСТ 3.1102-2011 Единая система технологической документации (ЕСТД). Стадии разработки и виды документов. Общие положения.
38. ГОСТ 3.1105-84 Единая система технологической документации (ЕСТД). Формы и правила оформления документов общего назначения.

Додаток А

Мінімальні вимоги до використовуваного обладнання

Обладнання	Габаритні розміри виробу (ГхВхШ), мм	Маса виробу на одиницю обладнання, кг	Кількість	Потужність шпинделя, кВт
Фрезерний верстат	150x50x150	1,5	3	3
Токарний верстат	150x150x50	1,5	4	3
Свердлильний верстат	150x50x150	1,5	1	3
Контрольний верстат	150x150x50	—	3	—
Відновлювальний верстат	—	—	3	3,5
Маніпулятор для деталі	150x50x150	1,5	11	—
Конвеєрна лінія для деталей	500x50x500	5	—	—
Робокар	500x50x500	5	2	—
Складський штабелер	500x50x500	5	2	—

Додаток Б

Код керуючої програми для свердлильного верстату з ЧПК

%

O01001

(Using high feed G1 F5000. instead of G0.)

(T2 D=11.509 CR=0. TAPER=118deg - ZMIN=-28. - drill)

(T3 D=12. CR=0. TAPER=118deg - ZMIN=-28. - drill)

N10 G90 G94 G17

N15 G21

N20 G53 G0 Z0.

(Drill3)

N25 T2 M6

N30 S2530 M3

N35 G54

N40 M11

N45 G0 A0.

N50 M10

N55 M8

N60 G0 X-52.5 Y-52.5

N65 G43 Z15. H2

N70 T3

N75 G0 Z5.

N80 G98 G81 X-52.5 Y-52.5 Z-28. R-5. F736.6

N85 X52.5

N90 Y52.5

N95 X-52.5

N100 G80

N105 G0 Z15.

N110 M9

N115 M5

N120 G53 G0 Z0.

(Drill3 2)

N125 M1

N130 T3 M6

N135 S2430 M3

N140 G54

N145 M11

N150 G0 A0.

N155 M10

N160 G0 X-52.5 Y-52.5

N165 G43 Z15. H3

N170 T2

N175 G0 Z5.

N180 G98 G81 X-52.5 Y-52.5 Z-28. R-5. F729.

N185 X52.5

N190 Y52.5

N195 X-52.5

N200 G80

N205 G0 Z15.

N210 M5

N215 G53 G0 Z0.

N220 M11

N225 G0 A0.

N230 M10

N235 X0.

N240 G53 G0 Y0.

N245 M30

%

Додаток В

Розраховані параметри проекрованої ГВС

Фонд верстатів:

- Вертикально-фрезерний – 3 шт.
- Токарно-револьверний – 4 шт.
- Радіально-свердлильний – 1 шт.
- Контрольний – 3 шт.
- Пристрої налаштування інструментів – 3 шт.

Фонд робітників:

- Слюсарі-інструментальники – 3 шт.
- Налаштовувальники інструменту – 3 шт.

Необхідні площі ділянок ГВС:

- Ділянка інструментальної підготовки – 98 м².
- Налаштування інструменту – 30 м².
- Зберігання добового запасу інструменту – 4,9 м².
- Загальна площа ділянки зберігання і комплектування інструменту – 44 м².
- Розбирання відпрацьованого інструменту – 24 м².
- Автоматизований склад – 5,2 м².

Параметри автоматизованого складу:

- Місткість – 28 комірок.
- Висота ярусу – 0,26 м.
- Кількість ярусів по висоті – 16 шт.
- Кількість секцій зони зберігання – 22 шт.
- Довжина стелажа – 6,12 м.
- Величина робочого ходу – 4 м.
- Кількість транспортних пристроїв – 1 шт.

Додаток Г

Результати моделювання потоку матеріалів

Simulation Summary

Run Date/Time: 05.06.2020 0:26:04
Elapsed Time: 02:34:56.628 (h:m:s.ms)

Production Summary - Склад виробів

Units Produced: 45
Total Production Run Time: 02:34:56.628 (h:m:s.ms)
Average Production Time: 00:03:26.591 (h:m:s.ms)
Average Production Rate: 17.43 / Hour

Processor Efficiency Summary

of Processors: 6
Most Efficient Processor: 96.07% - Токарний верстат
Least Efficient Processor: 55.46% - Свердильний верстат

Operator Utilization Summary

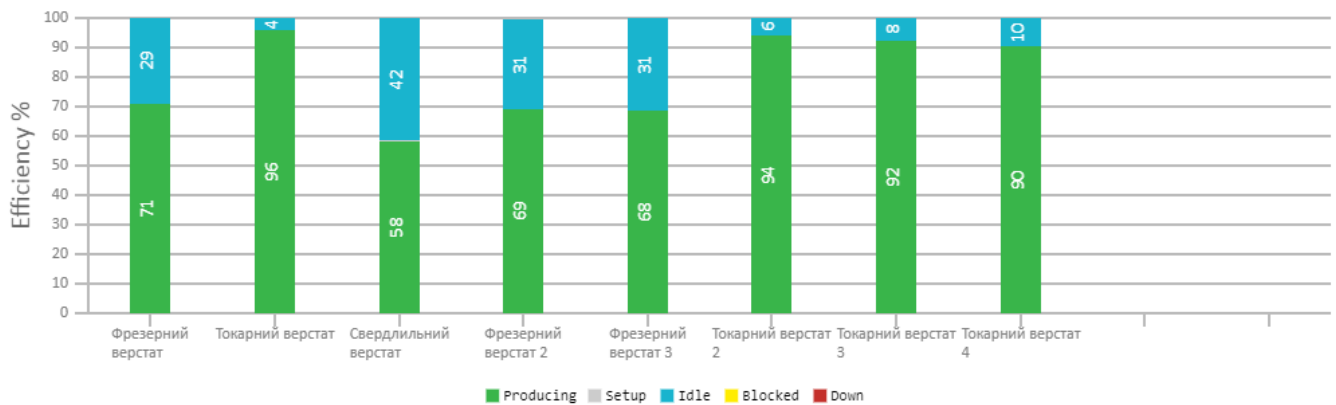
of Operators: 0
Highest Utilized Operator: -
Lowest Utilized Operator: -

Connection Utilization Summary

of Connections: 18
Highest Utilized Connection: 4.95% - Connection 6
Lowest Utilized Connection: 1.18% - Connection 17

Рис. Г.1 Результати моделювання потоку матеріалів

Processor Efficiency Charts



Connection Utilization Charts

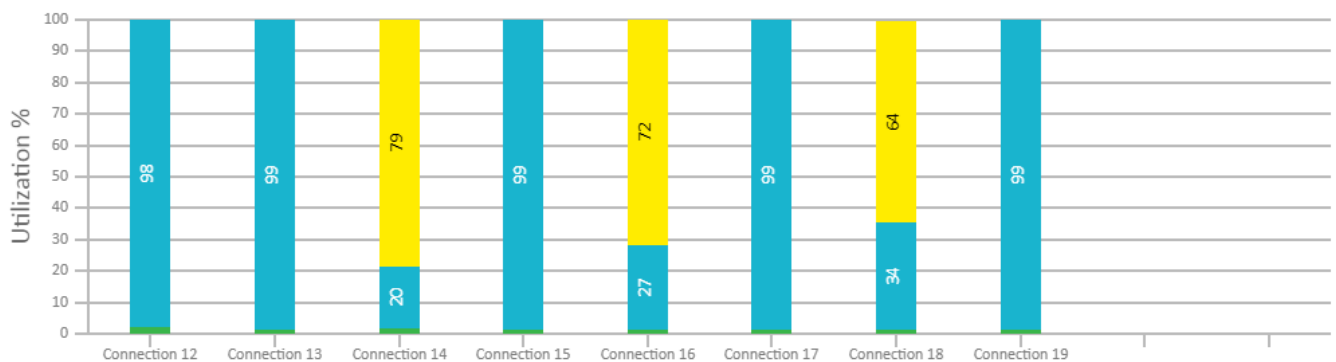
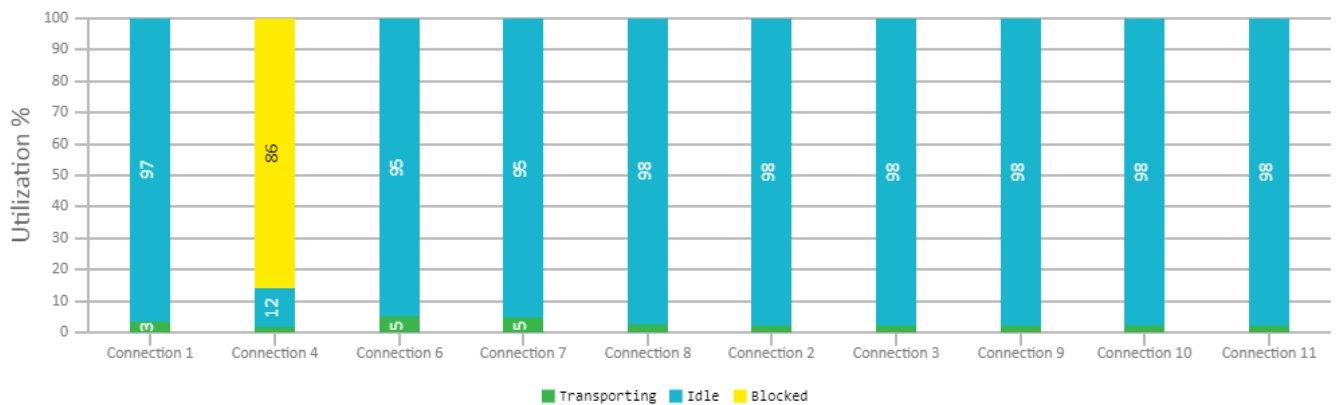


Рис. Г.2 Статистика використання обладнання

Додаток Д

Основні вимоги до АСУ ТПВ

Автоматична передача робочих програм на обладнання. Збирання та аналіз інформації про якість оброблюваних деталей. Видача візуальної інформації про необхідні параметри інструменту працівникам відділу роботи з інструментами.

Можливість зміни виробничих параметрів як через термінали доступу що знаходяться віддалено так і через встановлені безпосередньо на ділянці. Зміна параметрів відбувається після проходження обов'язкової аутентифікації.

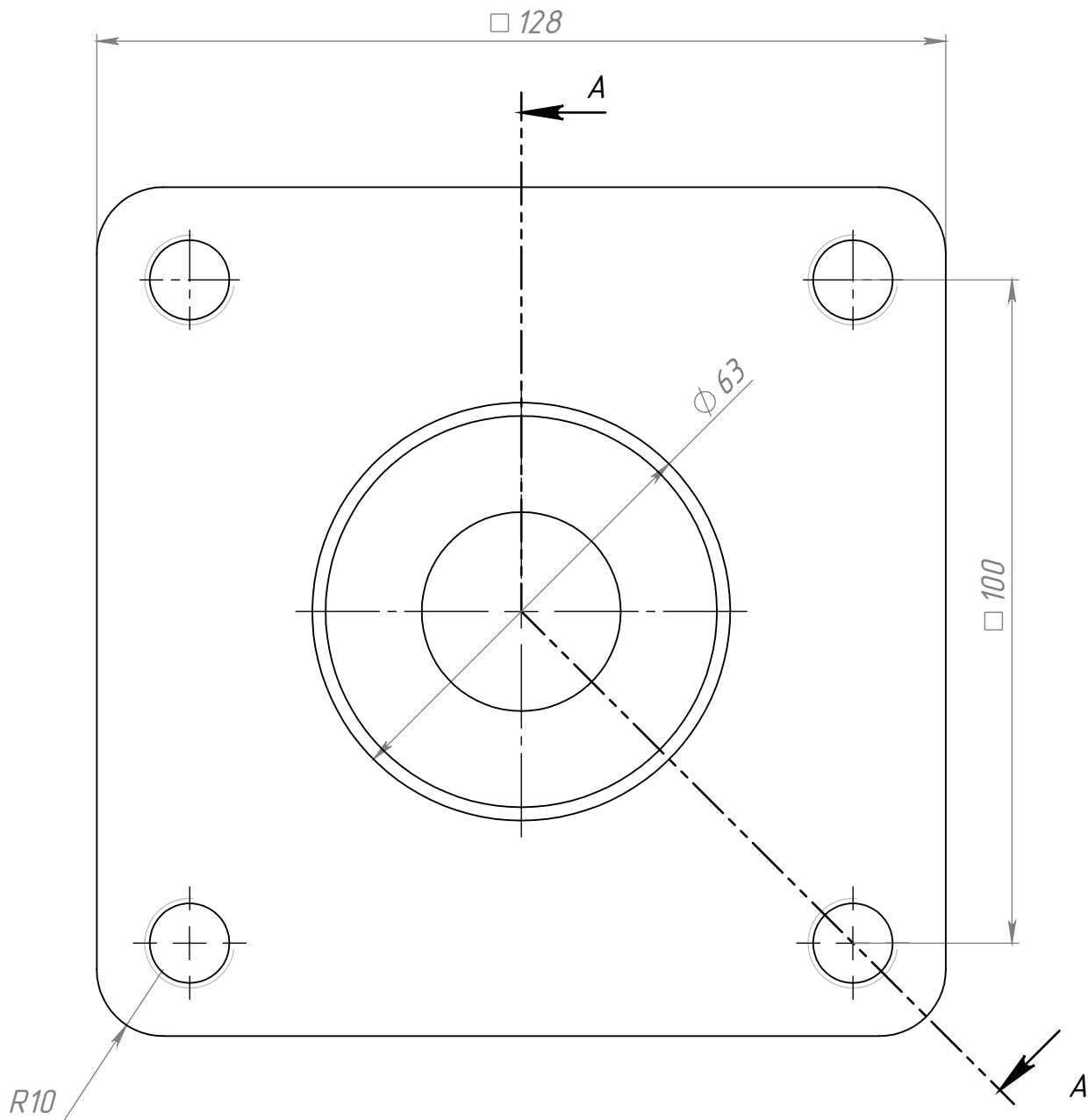
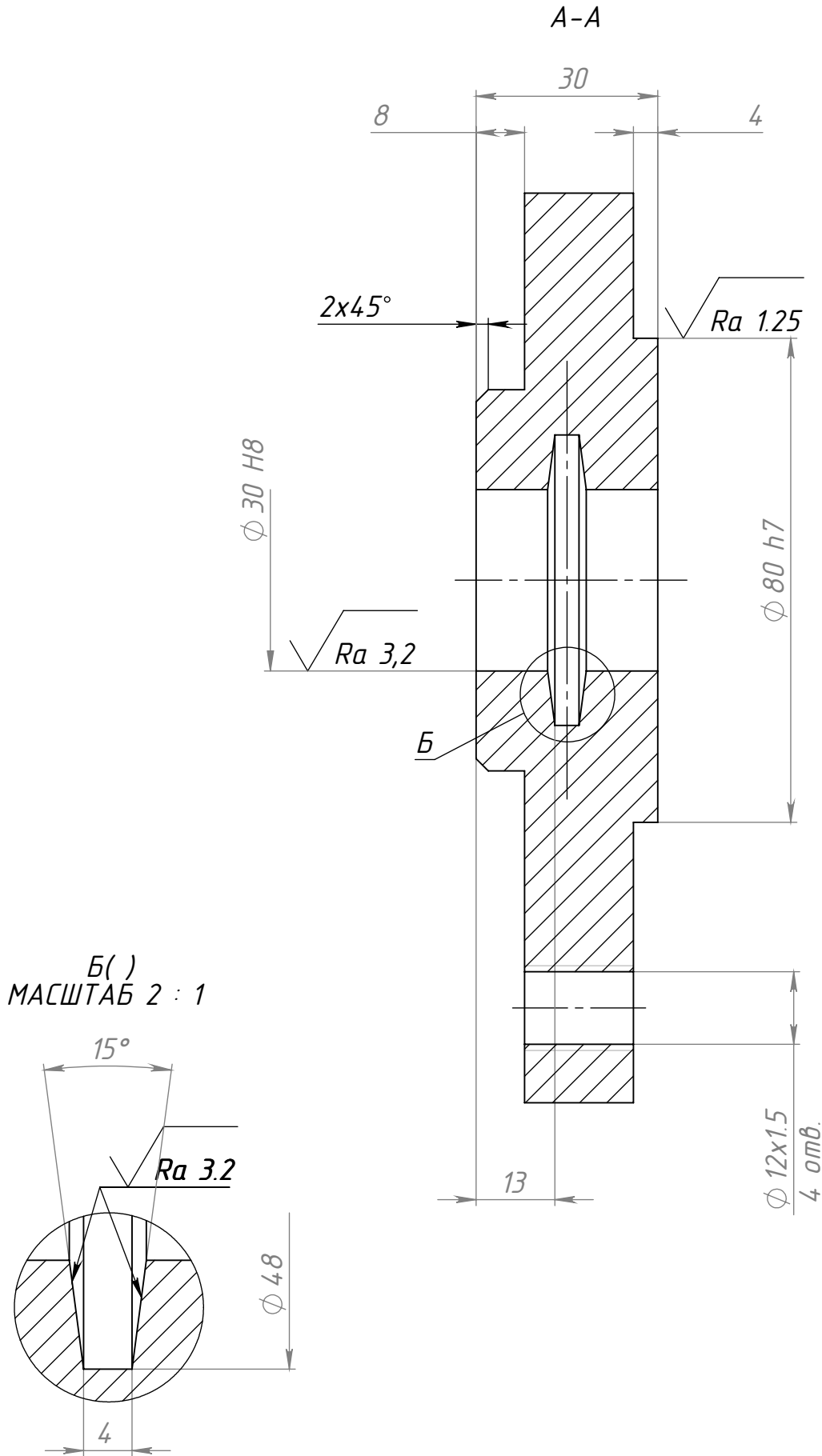
Зберігання параметрів виробничих програм, значень вимірювальних приладів, виконаних рішень та їх причин, змін параметрів виробничого процесу із зазначенням автору змін. Кожна інформаційна одиниця зберігає значення точних часу та дати їх змін.

Інформування обслуговуючого персоналу про помилки, зупинки та завершення виробничого процесу за допомогою аудіо- та/чи візуальних систем інформування.

Справ. №		Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.	

ДП.ПБ61.08.1702.001

$\sqrt{Ra\ 6.3}$

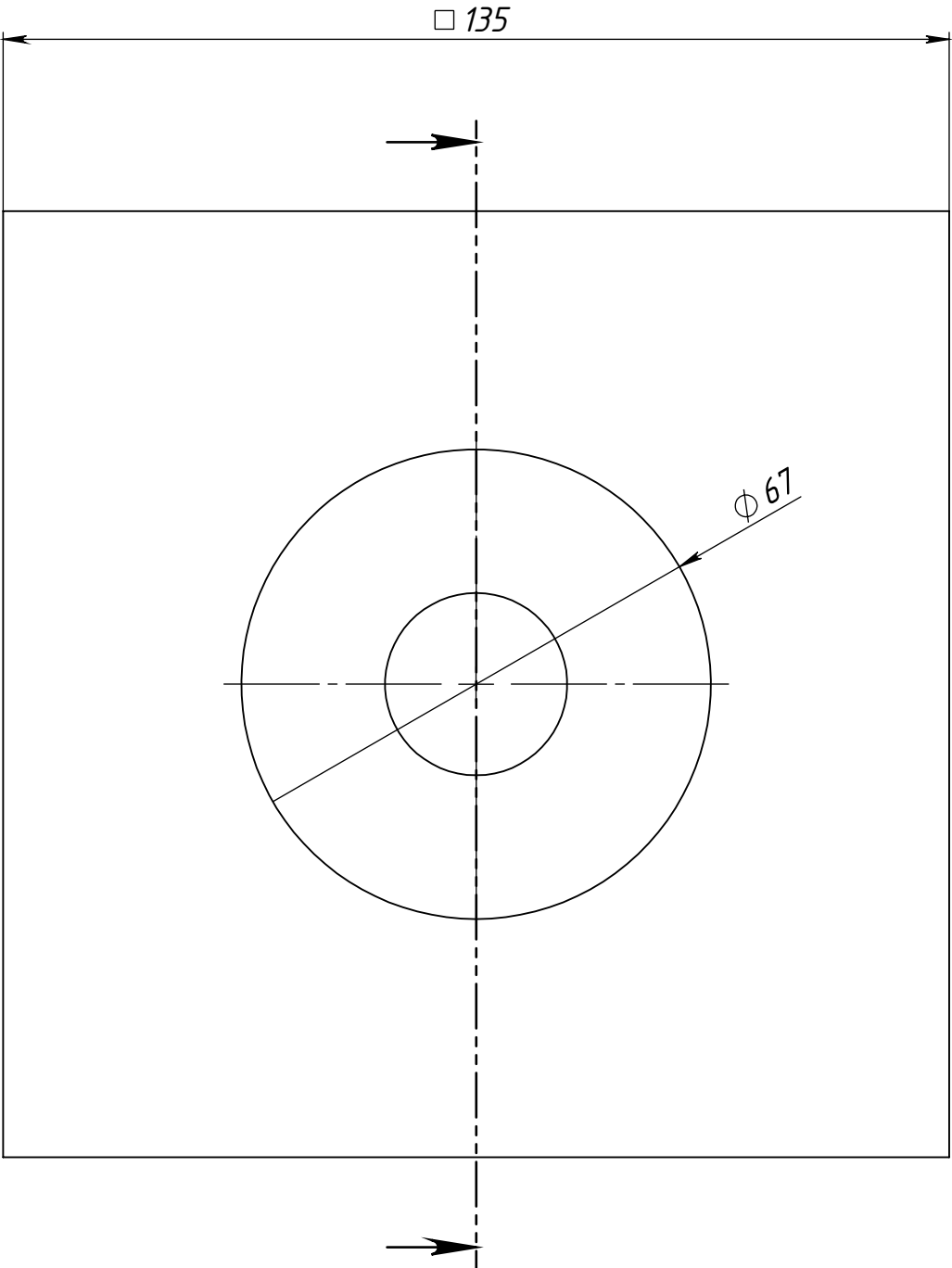
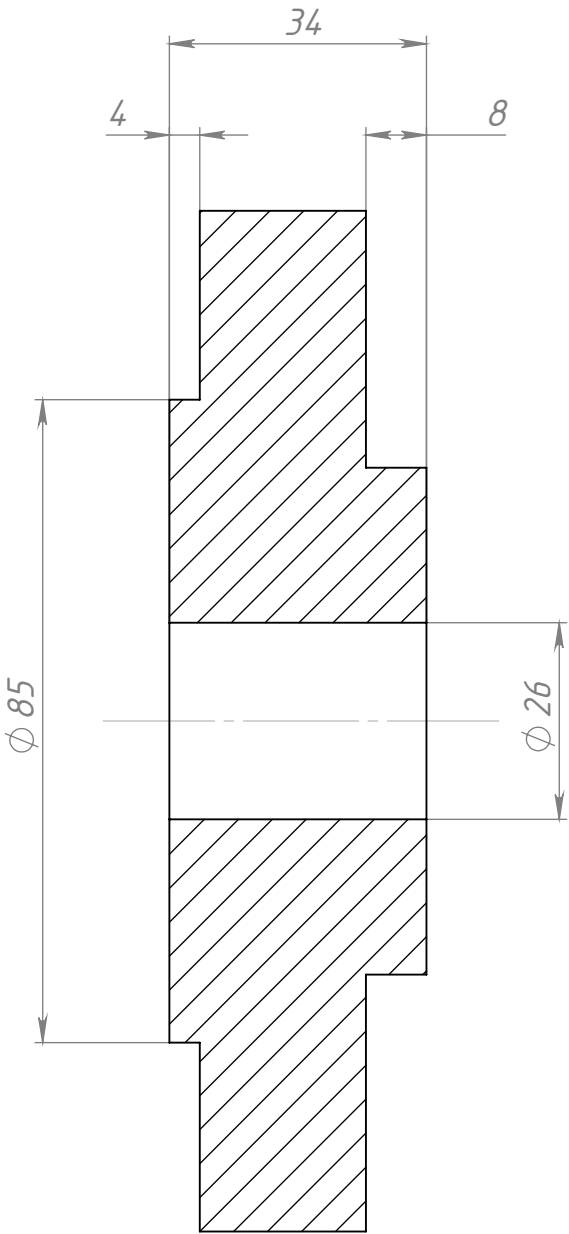


Невказані граничні відхилення розмірів по H12, h12, $\pm IT12/2$

ДП.ПБ61.08.1702.001					Кришка пневматичного механізму			Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КП, зр ПБ-61					1:1
Разраб.	Лулина І.Б.									
Пров.	Подольян О.О.									
Т. контр.								Лист 1	Листов 1	
Н. контр.					АК12 ГОСТ 1583-93					
Утв.										

Инв. № подл.		Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №

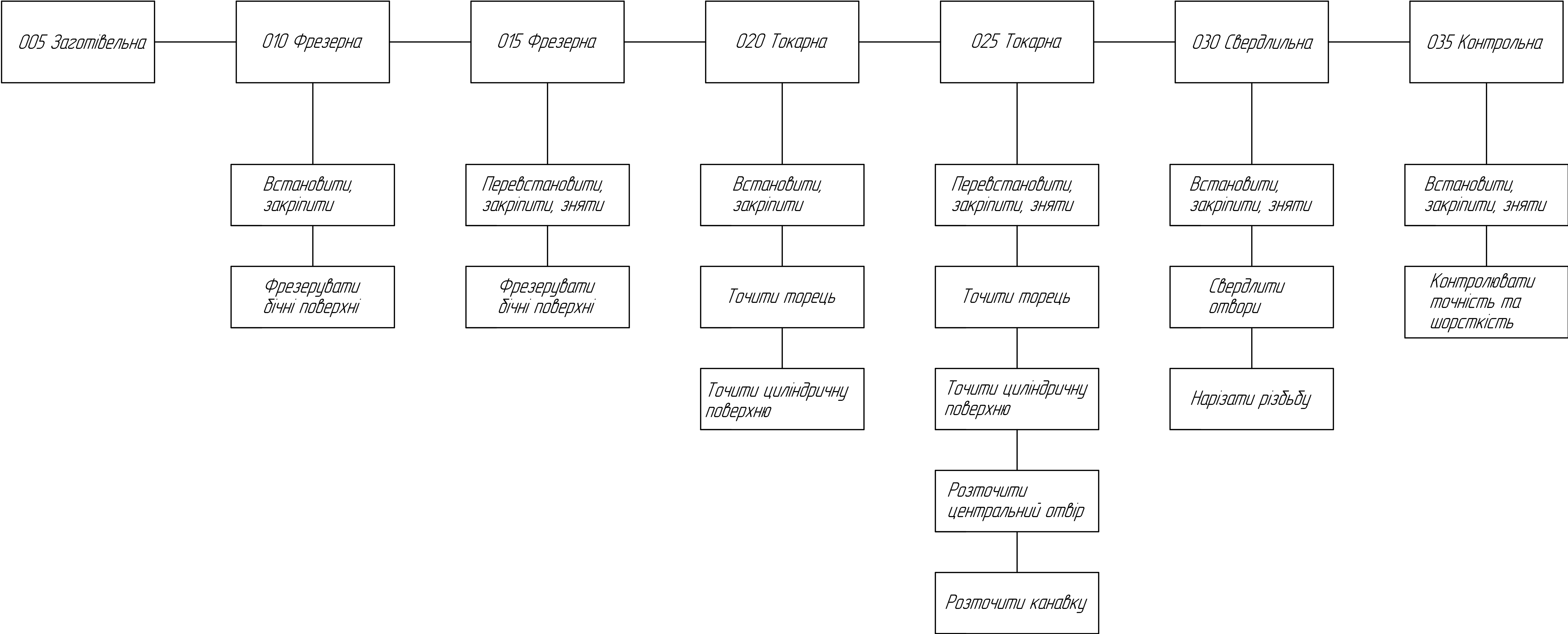
ДП.ПБ61.08.1702.002



$\sqrt{Ra\ 12.5}$

1. Точность отливки 9-5-10-0 ГОСТ Р 53464-2009.
2. Маса 0,82-0-0,34-1,16 ГОСТ Р 53464-2009.
3. Невказані граничні відхилення розмірів по Н10, h10, $\pm IT10/2$.

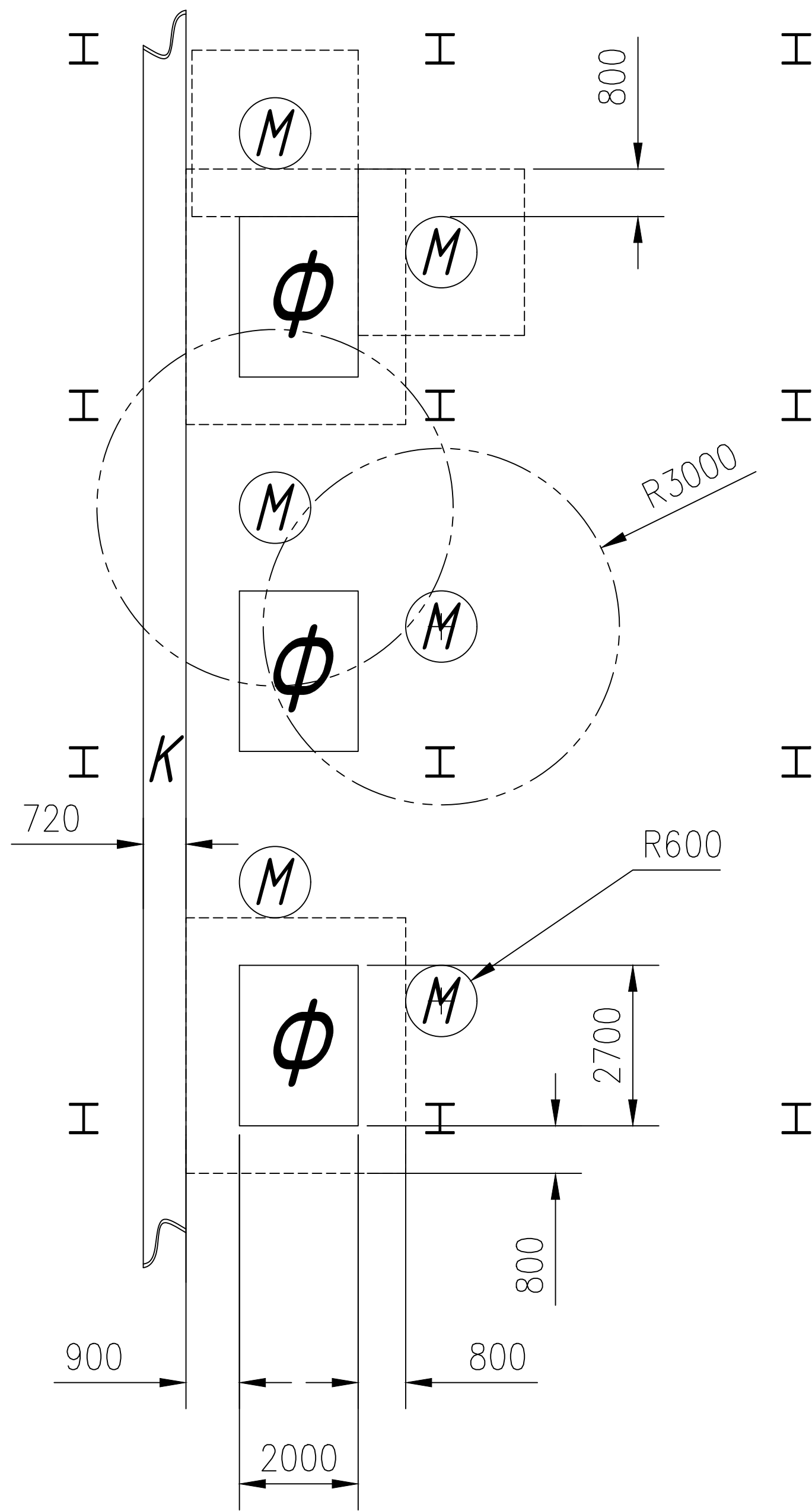
					ДП.ПБ61.08.1702.002									
					Заготовка					Лит.		Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата										1:1
Разраб.		Лупина І.Б.												
Пров.		Подольян О.О.												
Т. контр.														
										Лист 1		Листов 1		
Н. контр.					АК12 ГОСТ 1583-93					КПІ, гр. ПБ-61				
Утв.														



Перш. примір.	
Стор. №	

Взам. шиф.	Взам. шиф. №	Лист	Листів
Підп. і дата	Підп. і дата	Підп. і дата	Підп. і дата
Маш. № підп.			

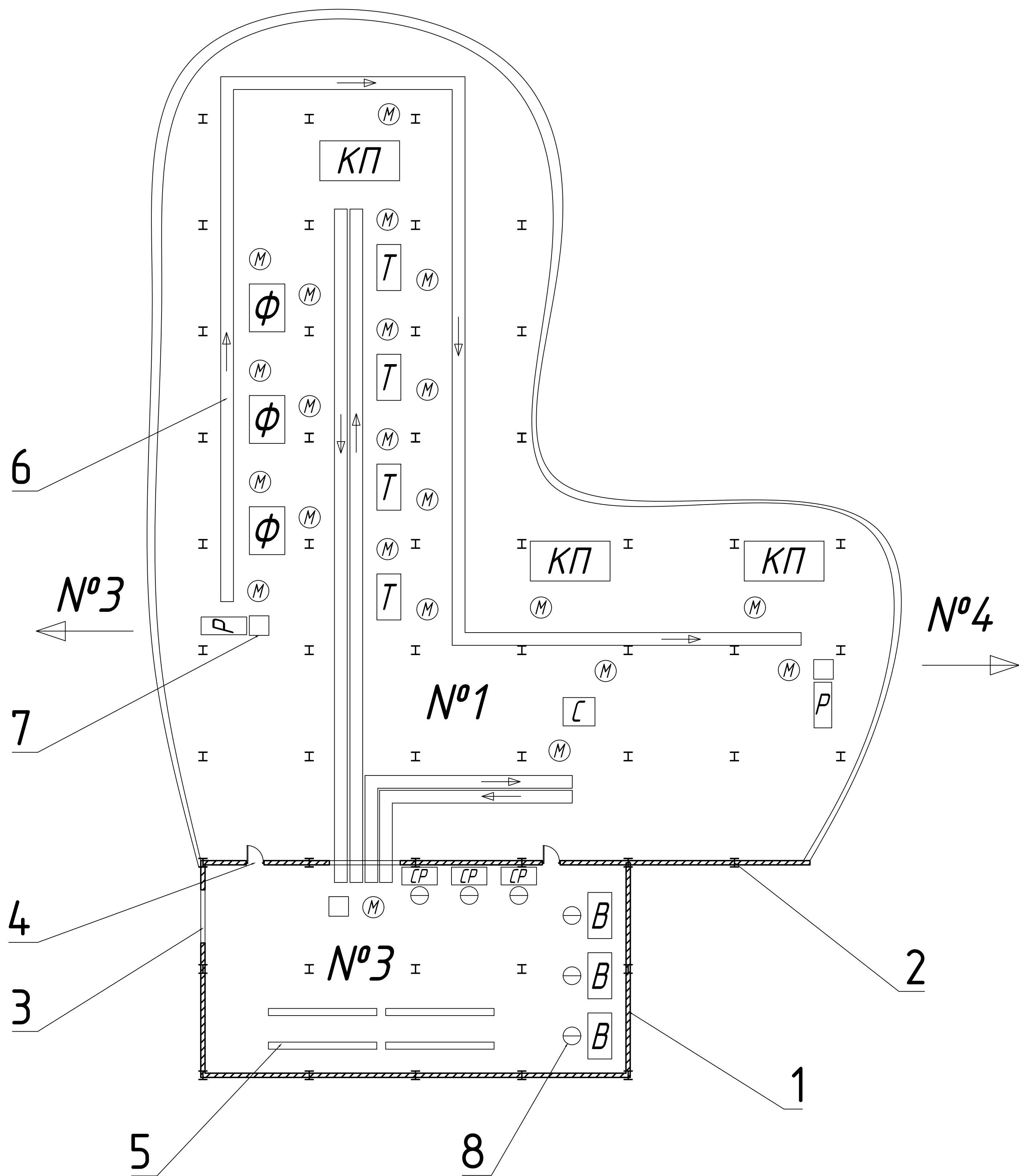
				ДП.ПБ61.08.1702.003						
Ізм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Схема технологічного маршруту обробки	Лист	Маса	Масштаб		
Розроб.	Листів	Листів						1:1		
Проб.	Подолян	О.О.				Лист	Листів	1		
Т.контр.										
Н.контр.								КПІ, гр. ПБ-61		
Утв.								Копіював		
								Формат А1		



М - Маніпулятор
Ф - Фрезерний верстат
К - Конвеєрна лінія

№ зм.	№ розр.	Лист	у	гана	Всик.	инв.	№	Анв.	№	дубл.	Позн.	и	гана	Стор.	№	Пер.	примен.
-------	---------	------	---	------	-------	------	---	------	---	-------	-------	---	------	-------	---	------	---------

					ДП. ПБ61.08.1702.004					
Изм	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Схема гілянки фрезерної обробки			Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Лутина І.Б.			1:50						
Проб.	Подольан О.О.									
Т.контр.										
Н.контр.					Лист		Листов		КП, гр. ПБ-61	
Утв.										

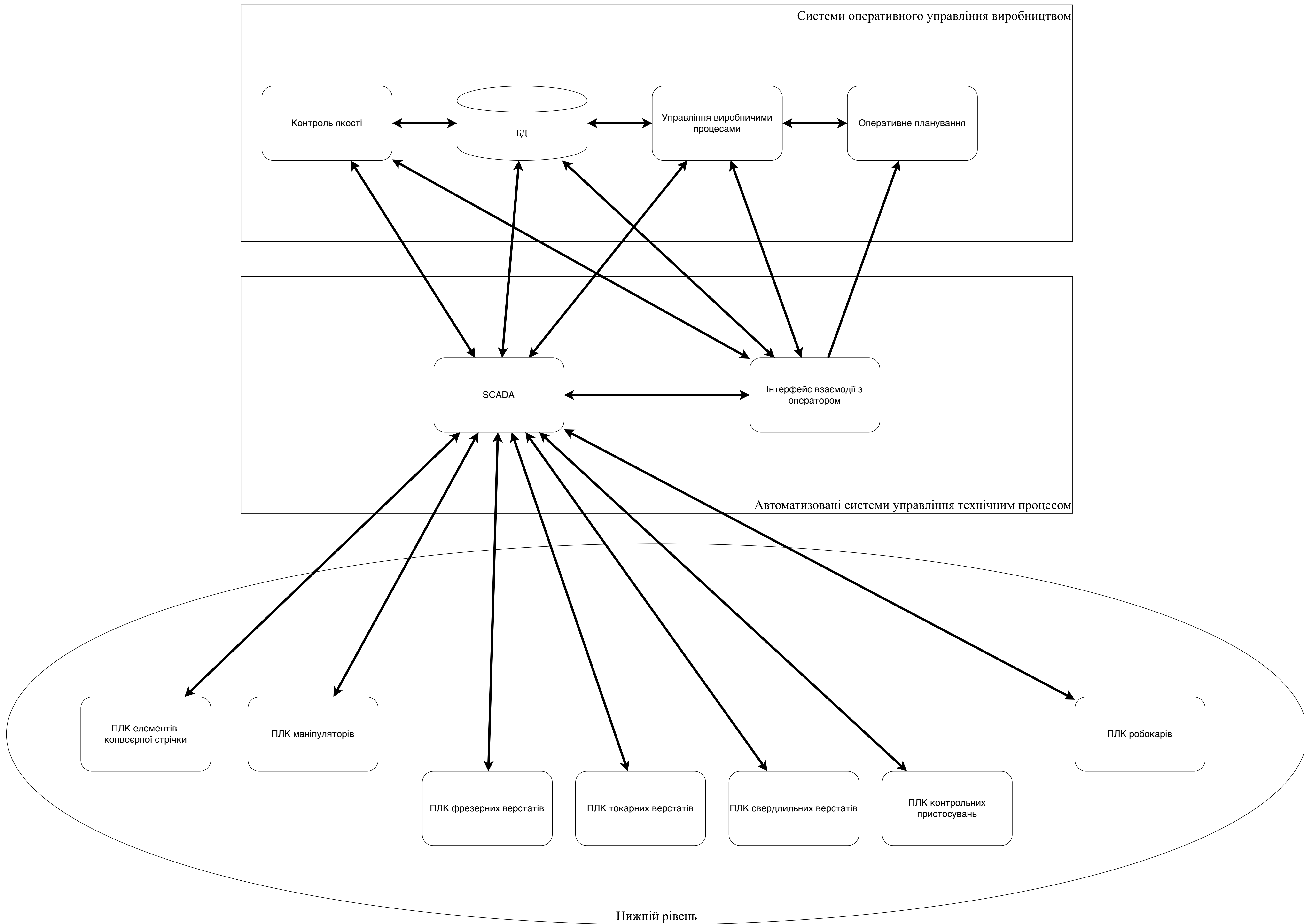


- 1 - Стіна
- 2 - Опорна балка
- 3 - Проїзд
- 4 - Двері
- 5 - Полиця складу
- 6 - Конвеєрна лінія
- 7 - Допоміжний стіл
- 8 - Робоче місце

- Р - Робокар
- М - Робот-маніпулятор
- Ф - Фрезерний верстат
- Т - Токарний верстат
- С - Свердлильний верстат
- КП - Контрольне пристосування
- В - Пристосування для відновлення інструменту

- N°1 - Ділянка механічної обробки
- N°2 - Ділянка відновлення інструменту
- N°3 - Склад Заготовок
- N°4 - Склад деталей

					ДП. ПБ61.08.1702.005						
Ізм	Лист	№ док.	Позн.	Дата	Схема ділянки виробництва кришки пневмоелемента			Лист.	Маса	Масштаб	
Разроб.	Лутина Т.Б.										1:150
Пров.	Поголяна О.О.										
Г.контр.											
Н.контр.								Лист		Листов	
Утв.								КПІ, гр. ПБ-61			



						ДП.ПБ61.08.1702.006		
Мен. лист	№ док-м	Підп.	Дата			Схема зв'язку елементів АСУ ТПВ		
Розроб.	Лічнина ІБ					Лист	Масш	Масштаб
Підп.	Подолан О.О.							1:1
Т. контр.						Лист	Листов	1
Н. контр.						КПІ, гр. ПБ-61		
Утв.						Копіювальн		
						Формат А1		

